

Державний вищий навчальний заклад
«Український державний хіміко-технологічний університет»
Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ВЛАСЕНКО КАТЕРИНА МИКОЛАЇВНА

УДК 582.28:635.8:577

ДИСЕРТАЦІЯ
БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ
АРОМАТУ ГРИБІВ РОДУ *PLEUROTUS* У ПРОЦЕСІ ЇХ
ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

162 Біотехнології та біоінженерія
16 Хімічна та біоінженерія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Власенко К. М.

Науковий керівник
Кузнецова Ольга Віталіївна, кандидат біологічних наук, доцент

Київ – 2020

АНОТАЦІЯ

Власенко К. М. Біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату грибів роду *Pleurotus* у процесі їх твердофазного культивування. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія (галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Дисертація присвячена оптимізації біотехнологічного процесу твердофазного культивування їстівних грибів *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. на відходах сільського господарства щодо поліпшення ароматичних властивостей плодових тіл шляхом внесення добавок різного хімічного складу до субстратів.

Гриби здавна використовуються людиною як продукти харчування і однією з основних характеристик якості грибів є унікальний та витончений аромат.

Дослідники звертають увагу саме на проблему зниження запашних властивостей плодових тіл грибів при інтенсивному культивуванні у порівнянні з дикорослими грибами і грибами, що культивовані екстенсивним методом.

Запахні сполуки, які містяться у грибах, досліджувалися багатьма вченими у різних видах грибів і ідентифіковано близько 200 різноманітних ароматутворюючих компонентів, які належать до різних хімічних класів. Ключовими серед них є леткі C_8 сполуки, які налічують 44,3-97,6 % від загальної фракції летких речовин у грибах. Основні з них це: 1-октанол, 3-октанол, 3-октанон, 1-октен-3-ол, 2-октен-1-ол, 1-октен-3-он. Також характерних нот аромату грибам додають сполуки ізопреної природи (лімонен, цедрол, аромадендрен та ін.) та сульфурвмісні сполуки (диметилдисульфід, диметилтрисульфід, лентіонін, 1,2,4-трیتیолан та ін.). Вважають, що леткі запахні сполуки грибів відіграють важливу роль у привабленні комах для

процесу розповсюдження спор грибів, а також захисті міцелію та плодових тіл від шкідників.

Для дослідження аромату під час проведення наукової роботи було адаптовано методику сенсорного профільного аналізу для визначення запаху грибів, що дозволило без застосування складних інструментальних методів аналізу визначити вплив окремих факторів процесу культивування на інтенсивність характерних нот запаху грибів *Pl. ostreatus*.

Удосконалено метод екстракції ароматутворюючих сполук за допомогою органічних розчинників (зокрема, гексану) з плодових тіл грибів, встановлений оптимальний час екстракції (30 хвилин) та гідромодуль (1:100) процесу екстракції, які забезпечують найбільш повний вихід запашних речовин.

Методом спектрофотометрії отриманий специфічний спектр поглинання, характерний всім дослідженим штамам *Pl. ostreatus*, який мав максимуми світлопоглинання при 200-210 нм (відповідає ненасиченим аліфатичним спиртам) та на ділянці 250-290 нм (відповідає альдегідам і кетонам).

Під час дослідження вперше проводився скринінг найбільш поширених промислових штамів *Pl. ostreatus* щодо встановлення їх профілю аромату та визначення запашних властивостей плодових тіл: IBK-549, IBK-550, IBK-551, IBK-1535, IBK-1543 та IBK-2275. Визначено, що найвищу інтенсивність грибної складової запаху мали штами IBK-1535 та IBK-1543, що підтверджено даними спектрофотометричного аналізу, адже екстракти з плодових тіл цих штамів мали найбільшу оптичну густину в ультрафіолетовому діапазоні. Тобто, серед всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* саме IBK-1535 та IBK-1543 характеризувалися найвищим вмістом запашних сполук в екстрактах плодових тіл. Найнижчою сукупною інтенсивністю складових аромату за даними сенсорного аналізу, а також найменшою оптичною густиною, як показав метод спектрофотометрії, серед всіх досліджених штамів характеризувався штам IBK-550. А штами IBK-549, IBK-551 та IBK-2275 охарактеризовані як ті, що мали середню інтенсивність аромату серед досліджених штамів *Pl. ostreatus*.

Показано, що субстрат безпосередньо впливає на запашні властивості плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus*. При їх культивуванні на різних відходах сільського господарства та деревопереробної промисловості (соняшникове лушпиння, солома ячменю, тирса листяних порід дерев, відходи від переробки насіння кукурудзи) найвища інтенсивність грибних та м'ясних нот запаху була відмічена у плодових тілах штамів IBK-549 та IBK-551, вирощених на кукурудзяних відходах, а для штаму IBK-1535 – на тирсі. За допомогою методу спектрофотометрії визначено, що екстракти плодових тіл штамів IBK-549 та IBK-1535, культивовані на відходах кукурудзи, а також екстракти штаму IBK-551 – на соняшковому лушпинні, мали у 1,2-2,0 рази вищу оптичну густину порівняно з грибами, отриманими на інших субстратах.

Вперше досліджено вплив добавок різної хімічної природи до субстратів на інтенсивність аромату грибів у процесі їх твердофазного культивування. Як добавки використовували сполуки, які потенційно здатні впливати на формування профілю аромату грибів, є можливими попередниками біосинтезу запашних речовин, входять до складу ферментів метаболічних шляхів або можуть мати опосередкований вплив на їх функціонування. Також добавки обирали з огляду на їх доступність, невисоку вартість, потенційну токсичність для грибів та людини.

Мінеральні добавки використовували у вигляді водних розчинів солей Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, а також застосовували комплексну мінеральну добавку «Кемира люкс» та органо-мінеральне мікродобриво «Аватар-1». Концентрації мінеральних добавок обирали з урахуванням даних літературних джерел, потреб *Pl. ostreatus* в них та їх потенційної токсичності.

У результаті сенсорного профільного аналізу запаху встановлено, що при культивуванні на соняшковому лушпинні зростала інтенсивність грибних та м'ясних нот запаху у 1,2-1,7 рази на субстраті з добавками кальцію (концентрація 10^{-3} %) та селену (10^{-5} %) (штами IBK-549, IBK-1535), феруму (10^{-3} - 10^{-4} %) (штами IBK-551, IBK-1535), а при вирощуванні на соломі ячменю – з добавками кальцію (10^{-2} %) та комплексного мінерального добрива «Кемира люкс» (10^{-2} %)

(штам IBK-549); селену (10^{-6} %) та органо-мінерального добрива «Аватар-1» (10^{-2} %) (штам IBK-551); феруму (10^{-2} та 10^{-3} %) та селену (10^{-6} %) (штам IBK-1535). Методом спектрофотометрії визначено, що додавання солей феруму та селену до субстратів при культивуванні сприяло збільшенню оптичної густини грибних екстрактів усіх досліджених штамів, що підтверджує вищий вміст запашних речовин.

Як основні попередники біосинтезу запашних сполук грибів ліпідної природи до субстратів додавали рослинні олії (соняшникову, кукурудзяну). Для всіх досліджених штамів відмічено підвищення інтенсивності грибних, м'ясних та трав'янистих нот запаху у плодових тіл у 1,2-1,8 раза на субстратах з додаванням рослинних олій у концентрації 1 та 5 %. Також виявлено збільшення оптичної густини гексанових грибних екстрактів у варіантах із внесенням рослинних олій у концентрації 1 % у 1,2-1,6 раза у порівнянні з контролем.

При проведенні досліджень використовували натуральні комплексні добавки: кукурудзяне лушпиння, кору дуба, тирсу листяних порід дерев, солод житній сухий ферментований, соєве борошно, пшеничні висівки, молочну сироватку, дріжджовий екстракт та «Органічну біодобавку для грибів роду Глива» (ООО «Экоцентр»). За результатами сенсорного аналізу встановлено, що найбільший позитивний вплив на інтенсивність аромату штамів *Pl. ostreatus* мали солод житній (концентрація 1 та 5 %), соєве борошно (1 та 5 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} та 10^{-3} %), молочна сироватка (5 %) та «Органічна біодобавка для грибів» (1,25 %). При використанні зазначених добавок оптична густина грибних екстрактів в ультрафіолетовому діапазоні при спектрофотометричному аналізі підвищувалась у 1,2-1,7 раза, що говорить про вищий вміст летких сполук у грибах.

Протягом експерименту визначали культурально-морфологічні ознаки росту міцелію і плодових тіл грибів. Виявлено, що використання досліджених добавок до субстратів при культивуванні штамів *Pl. ostreatus*, сприяло підвищенню швидкості заростання субстрату міцелієм, утворенню примордіїв та плодових тіл на 2-3 доби, збільшенню кількості грибних зростків у 1,4-2,0 рази

та виходу плодових тіл за субстратом в 1,3-2,1 рази. Таким чином, вони можуть бути рекомендовані для промислового використання не лише для покращення запашних властивостей грибною продукції, а й для прискорення росту та підвищення продуктивності грибних культур.

Досліджували вплив температури культивування на культурально-морфологічні параметри росту та інтенсивність запаху грибів *Pl. ostreatus* у процесі твердофазного культивування. Визначено, що температура 15-16 °C є оптимальною не тільки для процесу плодоношення, а і для прояву характерних атрибутів аромату.

Встановлено, що профіль та інтенсивність аромату зразків досліджуваних штамів *Pl. ostreatus* суттєво не відрізнялися на різних етапах плодоношення грибів. Спостерігалось незначне зниження запашних якостей грибів з кожною наступною хвилиною плодоношення, що, ймовірно, обумовлене вичерпанням необхідних поживних речовин субстратів.

Оптимізовано технологію твердофазного культивування *Pl. ostreatus*, у якій на стадії підготовки субстрату до його складу вносяться добавки, що сприяють підвищенню інтенсивності аромату плодових тіл грибів. В апаратурному оснащенні при вдосконаленні технології твердофазного культивування *Pl. ostreatus* запропоновано використання вагового дозатору з наддозаторними ємностями для зважування необхідної кількості добавок.

Дисертаційна робота має виражене практичне значення. Одержані дані покладені в основу розробки практичних рекомендацій щодо застосування різних типів добавок до субстратів із зазначенням їхньої оптимальної концентрації у біотехнології макроміцетів з метою підвищення інтенсивності аромату грибною продукції при твердофазному культивуванні. Це не тільки сприятиме збільшенню попиту на грибну продукцію, а надасть можливості для розширення використання висушених плодових тіл грибів у харчовій промисловості України.

Ключові слова: *Pleurotus ostreatus*, твердофазне культивування, леткі запашні сполуки, ноти аромату грибів, сенсорний профільний аналіз, ультрафіолетова спектрофотометрія, 1-октен-3-ол, добавки до субстратів.

SUMMARY

Vlasenko K. M. Biotechnological Basis for Increasing the Intensity of the Aroma of *Pleurotus* Mushrooms During Their Solid-State Cultivation. – Manuscript.

Thesis for a Ph.D, Program Subject Area 162 Biotechnology and Bioengineering (Field of study 16 Chemical and Bioengineering). – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to optimization of biotechnological process of solid-state cultivation of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. on agricultural waste to improve the aroma properties of fruiting bodies by introducing additives of different chemical composition into substrates.

Mushrooms have long been used by humans as food and a unique and refined flavor is one of the main characteristics of mushroom quality.

The researchers focus on the problem of reducing the aroma properties of mushroom fruit bodies in the process of intensive cultivation in comparison with wild mushrooms and mushrooms cultivated by the extensive method.

The flavor compounds contained in mushrooms have been studied by many scientists. About 200 different volatiles belonging to different chemical classes, identified in different types of mushrooms. Volatile C₈ compounds are the key components of mushroom aroma, they account for 44.3-97.6 % of the total fraction of volatile substances. 1-Octanol, 3-octanol, 3-octanone, 1-octen-3-ol, 2-octen-1-ol, 1-octen-3-one are the main of them. Also, substances of isoprenoid nature (limonene, cedrol, aromadendren, etc.) and sulfur compounds (dimethyldisulfide, dimethyltrisulfide, lenthionin, 1,2,4-trithiolane, etc.) characterize the aroma of mushrooms. It is believed that mushroom volatile flavor compounds play an important role in attracting insects for the process of spreading mushroom spores, as well as the protection of mycelium and fruit bodies from pests.

To study the aroma during scientific work, the method of sensory profile analysis was adapted to determine the flavor of mushrooms. It allowed to determine the

influence of individual factors of the cultivation process on the intensity of the characteristic notes of *Pl. ostreatus* mushrooms flavor without the use of complex instrumental methods of analysis.

The method of extraction of aroma-forming compounds using organic solvents (in particular hexane) from mushroom fruit bodies has been improved. Also, the optimal extraction time (30 minutes) and the hydromodule (1:100) of the extraction process were set to ensure the most complete yield of volatiles.

A specific absorption spectrum, characteristic of all investigated *Pl. ostreatus* strains, was obtained by spectrophotometry. It had the maxima of light absorption at 200-210 nm (corresponds to unsaturated alcohols) and at a section of 250-290 nm (meets aldehydes and ketones).

During the study, for the first time, the screening of the most common *Pl. ostreatus* industrial strains was conducted to establish their aroma profile and flavor properties of the fruit bodies: IBK-549, IBK-550, IBK-551, IBK-1535, IBK-1543, IBK-2275. It was determined that strains IBK-1535 and IBK-1543 had the highest intensity of the mushroom note of the aroma, which is confirmed by the data of the spectrophotometric analysis, since the extracts from the fruit bodies of these strains had the highest optical density in the ultraviolet range. That is, the strains IBK-1535 and IBK-1543 were characterized by the highest content of aroma compounds in extracts of fruiting bodies among all examined *Pl. ostreatus* strains. The strain IBK-550 was characterized by the lowest aggregate intensity of the aroma constituents according to the sensory analysis, as well as the smallest optical density, as shown by the method of spectrophotometry, among all examined strains. And the strains IBK-549, IBK-551 and IBK-2275 are characterized as having an average intensity of flavor among the examined *Pl. ostreatus* strains.

It has been shown that the substrate directly influences on the aroma properties of fruit bodies of the investigated *Pl. ostreatus* strains. When cultivated on different wastes of agriculture and the wood processing industry (sunflower husk, barley straw, hardwood sawdust, corn seed processing residue), the highest intensity of mushroom and meat aroma attributes was noted in the fruit bodies of the strains IBK-549 and IBK-

551, grown on corn wastes, and for the strain IBK-1535 – on the sawdust. Using the spectrophotometry method it was determined that extracts of IBK-549 and IBK-1535 strains, cultivated on corn wastes, as well as extracts of the strain IBK-551 – on sunflower husks, had in 1.2-2.0 times higher optical density compared to mushrooms obtained on other substrates.

For the first time, the influence of additives of various chemical nature to substrates on the intensity of mushrooms aroma in the process of their solid-state cultivation has been investigated. Compounds that potentially can influence the formation of the flavor profile of mushrooms, are possible precursors of aroma substances biosynthesis, are part of enzymes of metabolic pathways or may have an indirect effect on their functioning have been used as additives. Additionally, supplements were chosen based on their availability, low cost, potential toxicity for mushrooms and humans.

Mineral additives were used as aqueous solutions of salts Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, as well as a complex mineral supplement «Kemira luxe» and organic mineral microfertilizer «Avatar-1». Concentrations of mineral additives were chosen based on the data of literary sources according to the needs of *Pl. ostreatus* in them and their potential toxicity.

As a result of the sensory profile analysis, it was found that during cultivation on sunflower husk the increase in the intensity of mushroom and meat notes of aroma in 1.2-1.7 times was observed on the substrate with calcium (concentration 10^{-3} %), selenium (10^{-5} %) (IBK-549, IBK-1535 strains) and iron (10^{-3} and 10^{-4} %) (IBK-551, IBK-1535 strains) supplements. Also the intensity of these notes of flavor was higher with the addition of calcium (10^{-2} %) and complex mineral fertilizer (10^{-2} %) (IBK-549 strain); selenium (10^{-6} %) and organic mineral fertilizer «Avatar-1» (10^{-2} %) (IBK-551 strain); iron (10^{-2} and 10^{-3} %) and selenium (10^{-6} %) (IBK-1535 strain), when they were grown on barley straw. It was determined by spectrophotometry that the addition of iron and selenium salts to the substrates contributed to an increase in the optical density of mushroom extracts of all studied strains, which confirms the higher content of aroma-forming substances.

As the main precursors of biosynthesis of mushroom aroma compounds of lipid nature, vegetable oils (sunflower, corn) were added to the substrates. There was an increase in the intensity of mushroom, meat and herbaceous notes of the fruit bodies flavor in 1.2-1.8 times on substrates with the addition of vegetable oils at concentrations of 1 and 5 % for all investigated strains. It was also noted increase in the optical density of hexane mushroom extracts in variants with the concentration of vegetable oils 1 % in 1.2-1.6 times compared with the control.

In the course of research, natural complex additives such as corn husks, oak bark, hardwood sawdust, fried dry rye malt, soybean meal, wheat bran, milk whey, yeast extract and «The organic supplement for mushrooms of the genus *Pleurotus*» («Ecocenter» LLC) were used. According to the sensory analysis, it was found that rye malt (concentration 1 and 5 %), soy flour (1 and 5 %), yeast extract (10^{-2} and 10^{-3} %), milk whey (5 %), and «The organic supplement for mushrooms» (1.25 %) had the greatest positive effect on the intensity of the flavor of *Pl. ostreatus* strains. With the use of these natural additives, the optical density of mushroom extracts in the ultraviolet range, according to spectrophotometric analysis, increased by 1.2-1.7 times, indicating the higher content of volatile compounds in mushrooms.

During the experiment, cultural and morphological parameters of mycelium and fruit bodies growth of the studied mushrooms were determined. It was found that the use of investigated additives to substrates during cultivation of *Pl. ostreatus* strains contributed to an increase in the rate of overgrowth of the substrate by mycelium, the primordia and fruit bodies formation for 2-3 days, an increase in the number of mushroom bunches in 1.4-2.0 times and the yield of the fruit bodies by substrate in 1.3-2.1 times. Thus, they can be recommended for industrial use not only to improve the aroma properties of mushroom products, but also to accelerate the growth and increase the productivity of mushroom crops.

The influence of cultivation temperature on the cultural and morphological parameters of the fruit bodies growth and the intensity of mushrooms flavor of *Pl. ostreatus* in the process of solid-state cultivation was investigated. It is determined

that the temperature of 15-16 °C is optimal not only for the fruiting process, but also for the manifestation of the characteristic attributes of the aroma.

It is also established that the profile and intensity of flavor of *Pl. ostreatus* strains did not differ significantly at different stages of fruit bodies maturation. There was a slight decrease in the flavor qualities of mushrooms with each subsequent flush, which is probably due to the exhaustion of the required nutrients of substrates.

The technology of solid-state cultivation of *Pl. ostreatus* has been optimized at the stage of substrate preparation by making additives which promote increase the intensity of the fruiting bodies aroma of mushrooms. In improving the technology of solid-state cultivation *Pl. ostreatus* in equipment is offered to use of a weighing dispenser with overdosing capacities to weigh the required amount of additives.

Thesis is of practical significance. The obtained data are the basis for the development of practical recommendations for the application of various types of additives to the substrates, indicating their optimal concentration in the biotechnology of macromycetes in order to increase the intensity of the aroma of mushroom production during solid-state cultivation. This will not only increase the demand for mushroom products, but will also provide opportunities for expanding the use of dried fruit bodies in the Ukrainian food industry.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, solid-state cultivation, volatile aroma compounds, notes of mushroom flavor, sensory profile analysis, ultraviolet spectrophotometry, 1-octen-3-ol, additives to substrates.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. **Власенко Е. Н.** Ароматные соединения грибов и возможные пути их биосинтеза. *Современная микология в России*. 2015. Т. 5. С. 166-168.

Здобувачем проведений огляд та узагальнення літературних даних щодо можливих шляхів біосинтезу летких запаших сполук грибів.

2. **Власенко К. М.,** Кузнецова О. В. Використання сенсорного аналізу у біотехнології культивування макроміцетів. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2016. Т. 24, № 2. С. 347-352. doi: 10.15421/011645. (Web of Science)

Здобувачем здійснено планування дослідження, адаптовано методіку сенсорного профільного аналізу для застосування при визначенні характеру та інтенсивності аромату плодових тіл грибів; проведений аналіз результатів та підготовка публікації.

3. **Vlasenko E. N.,** Stepnevskaya J. V., Kuznetsova O. V. Synthesis of aroma compounds by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. cultured on various substrates. *Biotechnologia Acta*. 2017. Vol. 10, No. 4. P. 59-67. doi: 10.15407/biotech10.04.059.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, здійснена підготовка екстрактів плодових тіл грибів для проведення спектрофотометричного та сенсорного аналізу; проведена статистична обробка результатів та підготовлено публікацію.*

4. **Власенко К. М.,** Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Вплив мінеральних речовин на синтез летких органічних сполук грибами *Pleurotus ostreatus* у процесі твердофазного культивування. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Т. 25, № 4. С. 489-496. doi: 10.15421/021775. (Web of Science)

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, здійснена підготовка екстрактів плодових тіл грибів для проведення спектрофотометричного та сенсорного аналізу; проведена статистична обробка результатів та підготовлено публікацію.*

5. **Власенко К. М.** Вплив хімічного складу субстрату на показники росту, врожайності та синтез летких органічних сполук при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 2 (72).

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

6. **Vlasenko E. N., Kuznetsova O. V.** Biosynthesis of volatiles by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. mushrooms on substrates enriched with vegetable oils. *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11, No 3. P. 56-68. doi: 10.15407/biotech11.03.056.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

7. **Vlasenko E., Kuznetsova O., Matrosov A.** Comparative analysis of aroma properties of *Pleurotus ostreatus* industrial strains. *Fungal territory*. 2019. Vol. 2, No. 4. P. 28-31. doi: 10.36547/ft.2019.2.4.28-31.

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, підготовлено екстракти, проведено спектрофотометричний аналіз; здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

8. **Vlasenko E., Kuznetsova O.** The influence of complex additives on the synthesis of aroma substances by gray oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) during the substrate cultivation. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2020. Vol. 22, No. 3. P. 305-311. doi: 10.1615/IntJMedMushrooms.2020033977. (Scopus)

*Здобувачем проведено твердофазне культивування штамів *Pleurotus ostreatus*, організовано та проведено сенсорний аналіз аромату грибів, здійснено статистичну обробку результатів та підготовлено публікацію.*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Еволюція гормональної регуляції у грибів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 50-54.

2. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В., Кузнецова О. В. Спосіб культивування гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. з нетрадиційним ароматом // Патент України на корисну модель № 129145. Заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». Бюл. № 20 від 25.10.2018 р., заявка u 2018 03565, МПК (2018.01) A01G 18/00, A01G 24/25 (2018.01).

3. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання. Дніпропетровськ : ДВНЗ «УДХТУ», 2017. 79 с.

4. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання. Дніпро : ДВНЗ «УДХТУ», 2018. 26 с.

Тези доповідей:

1. Кузнецова О. В., Малиновська Н. В., **Товстенко К. М. (Власенко К. М.)** Методи стимулювання фітогормональної активності *Pleurotus ostreatus*. *Біотехнологія. Наука. Освіта. Практика* : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 11-13 листопада 2008 р. Дніпропетровськ : УДХТУ, 2008. С. 130-131.

2. Кузнецова О. В., **Товстенко К. М. (Власенко К. М.)**, Деренько Т. І., Малиновська Н. В. Удосконалення методики отримання маточного і посівного міцелію *Pleurotus ostreatus*. *Хімія і сучасні технології* : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 22-24 квітня 2009 р. Дніпропетровськ. 2009. С. 313.

3. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Аналіз механізмів утворення ароматичних речовин вищих грибів. *Біотехнологія XXI століття* : тези доп. VIII Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 200-й річниці з дня народження Т. Г. Шевченка, 25 квітня 2014 р. Київ : 2014. С. 21.

4. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Малиновська Н. В. Застосування біогенних домішок для поліпшення грибного аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) R. Kumm. при глибинному культивуванні. *Біотехнологія: звершення та надії* : зб. тез доп. III Всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 15-16 травня 2014 р. Київ : ВЦ НУБіП України, 2014. С. 64-65.

5. Кузнецова О. В., **Власенко Е. Н.**, Лысенко М. А. Введение в культуру новых для Украины видов высших базидиомицетов рода *Pleurotus*. *Проблемы и перспективы исследований растительного мира* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 13-16 мая 2014 г. Ялта. 2014. С. 52.

6. **Власенко К. М.** Аналіз хімічного складу субстратів щодо утворення запашних речовин при культивуванні вищих грибів. *Хімія та сучасні технології*: VII том тез доп. VII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 27-29 квітня 2015 р. Дніпропетровськ : УДХТУ, 2015. С. 17-18.

7. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Використання дріжджів для покращення грибного аромату при твердофазному культивуванні їстівних грибів. *Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів* : матеріали XIII конф. мол. вчених, 19-20 травня 2016 р. Київ, 2016. С. 86-88.

8. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Сенсорний профільний аналіз як метод оцінки аромату та запаху грибів, що культивуються. *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів, 25-26 травня 2016 р. Дніпропетровськ. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 12-13.

9. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В., Кузнецова О. В. Оцінка аромату вищих їстівних грибів із застосуванням методу УФ-спектроскопії. *Хімія та сучасні*

технології : зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 26-28 квітня 2017 р. Дніпро : УДХТУ, 2017. Т. 4. С. 88-89.

10. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.**, Красильнікова О., Осецький І. Вплив складу субстратів на ріст, плодоношення та запашні властивості *Pleurotus eryngii*. *Хімія та сучасні технології* : матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених. Дніпро : УДХТУ, 2017. Т. 4. С. 75-76.

11. **Власенко К. М.**, Степневська Я. В. Спектральні характеристики екстрактів висушених грибів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів. Дніпро. 2017. С. 20-21.

12. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Дослідження впливу іонів Fe^{2+} на синтез летких запашних сполук штамом гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. IBK-551. *Біологічні дослідження – 2018* : Зб. наук. праць. IX Всеукр. наук.-практ. конф., 14-16 березня 2018 р. Житомир : ПП «Рута», 2018. С. 314-317.

13. **Vlasenko E.** Rye malt as an additive to improve the aroma properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. in the process of substrate cultivation. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : матеріали 84 Міжнар. наук. конф. мол. учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2018 р. К. : НУХТ, 2018. Ч.1. С. 511.

14. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Використання рослинних олій для підвищення інтенсивності аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. при твердофазному культивуванні. *Біотехнологія XXI століття* : матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю з дня народження Артура Корнберга, 20 квітня 2018 р. К. : КПІ, 2018. С. 21.

15. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Орешко А. О. Біотехнології підвищення запашних властивостей їстівних грибів, що культивуються. *Харчові технології* : матеріали XIV Всеукраїнської наукової конференції студентів, 18-20 квітня 2018, Одеса : ОНАХТ, 2018. С. 17-19.

16. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Оптимізація складу субстратів при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jack.: Fr.) Kumm. *Актуальні*

проблеми ботаніки та екології : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, 2-5 вересня 2018 р, Кирилівка. К. : видавець Бихун В. Ю., 2018. С. 70.

17. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.** Вплив біорегуляторів росту на розвиток базидіоміцетів. *Актуальні проблеми ботаніки та екології* : матеріали Міжнар. конф. молодих учених, 2-5 вересня 2018 р, Кирилівка. К. : видавець Бихун В. Ю., 2018. С. 78.

18. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Визначення органолептичного профілю аромату штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Біотехнологія: звершення та надії* : зб. тез доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. НУБіП України, 29-30 листопада 2018 року. Київ : КОМПРИНТ, 2018. С. 64-65.

19. **Власенко Е. Н.** Влияние органических и минеральных соединений на синтез ароматобразующих веществ базидиомицетами. *Микология и альгология в России. XX–XXI век: смена парадигм* : материалы Всероссийской конф. с междунар. участием. 17-19 ноября 2018 года. М : Изд-во «Перо», 2018. С. 137-138.

20. **Власенко К. М.** Вплив мангану на культурально-морфологічні ознаки розвитку та запахні властивості штамів гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «*Біотехнологія XXI століття*» : матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 19 квітня 2019. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 15.

21. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В. Вплив температури культивування на синтез ароматутворюючих сполук та культурально-морфологічні ознаки розвитку *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «*Хімія та сучасні технології*» : матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 24-26 квітня 2019. Дніпро : ДВНЗ «УДХТУ», 2019. Т. 2. С. 114-115.

22. **Власенко К. М.**, Кузнецова О. В., Степневська Я. В., Матросов О. С. Модифікація аромату *Pleurotus ostreatus* при культивуванні на субстратах з використанням відходів лікарських рослин. *Актуальні проблеми ботаніки та екології* : матеріали міжнародної конференції молодих учених, 6-9 вересня 2019 р. Харків. Київ, 2019. С. 55.

23. Кузнецова О. В., **Власенко К. М.**, Черненко Л. А. Вплив біорегуляторів на адаптаційні властивості грибів роду *Pleurotus*. *Біотехнологія XXI століття* : матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції, 20 травня 2020. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2020. С. 51.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	24
ВСТУП	25
РОЗДІЛ 1. РІЗНОМАНІТТЯ ЛЕТКИХ ЗАПАШНИХ СПОЛУК ГРИБІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ БІОСИНТЕЗУ У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ (огляд літератури)	33
1.1. Різноманіття запахів грибів	33
1.2. Характеристика запашних сполук, які забезпечують аромат грибів	35
1.3. Умови, які впливають на формування запаху грибів	43
1.4. Біосинтетичні шляхи утворення летких запашних сполук	49
1.5. Біологічна роль летких запашних сполук грибів	55
1.6. Біологія грибів роду <i>Pleurotus</i>	59
1.6.1. Загальна характеристика грибів роду <i>Pleurotus</i>	59
1.6.2. Характеристика виду <i>Pleurotus ostreatus</i>	60
1.6.3. Хімічний склад грибів <i>Pleurotus ostreatus</i>	61
1.7. Характеристика субстратів для культивування грибів роду <i>Pleurotus</i>	63
1.8. Шляхи підвищення поживної цінності субстратів для виращування грибів при твердофазному культивуванні	71
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	77
2.1. Матеріали досліджень	77
2.2. Схема етапів дисертаційної роботи	78
2.3. Твердофазне культивування грибів	78
2.3.1. Отримання робочих культур штамів <i>Pl. ostreatus</i>	78
2.3.2. Отримання посівного міцелію штамів <i>Pl. ostreatus</i>	80
2.3.3. Твердофазне культивування штамів <i>Pl. ostreatus</i>	81
2.4. Визначення культурально-морфологічних характеристик росту штамів <i>Pl. ostreatus</i>	83
2.5. Визначення масової частки вологи у плодових тілах та субстраті	84
2.6. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл <i>Pl. ostreatus</i>	85
2.7. Підбір оптимальних умов екстракції летких запашних сполук <i>Pl. ostreatus</i> для проведення спектрофотометричного аналізу	86
2.8. Екстракція летких запашних сполук	87
2.9. Спектрофотометричне дослідження екстрактів <i>Pl. ostreatus</i>	88

2.10. Спектрофотометричне дослідження контрольних компонентів летких сполук <i>Pl. ostreatus</i>	89
2.11. Характеристика культурально-морфологічних показників росту та запашних властивостей штамів <i>Pl. ostreatus</i>	89
2.12. Визначення впливу добавок до субстратів на культурально-морфологічні характеристики росту та запашні властивості штамів <i>Pl. ostreatus</i> у процесі твердофазного культивування	90
2.12.1. Мінеральні добавки	90
2.12.2. Рослинні олії	91
2.12.3. Комплексні добавки природного походження	92
2.13. Визначення впливу температури культивування на культурально-морфологічні характеристики росту та запашні властивості штамів <i>Pl. ostreatus</i>	95
2.14. Визначення культурально-морфологічних характеристик росту та запашних властивостей плодових тіл <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на різних етапах плодоношення	96
2.15. Статистична обробка отриманих даних	96
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ЕКСТРАКЦІЇ ЛЕТКИХ ЗАПАШНИХ СПОЛУК <i>PL. OSTREATUS</i> ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ	98
3.1. Вплив типу екстрагента на процес екстракції летких запашних сполук з висушених плодових тіл <i>Pl. ostreatus</i>	98
3.2. Визначення оптимальної концентрації летких речовин у грибних екстрактах для спектрофотометричного дослідження	101
3.3. Встановлення оптимального часу екстракції для виділення летких речовин з плодових тіл <i>Pl. ostreatus</i>	102
3.4. Ідентифікація летких речовин <i>Pl. ostreatus</i> за допомогою спектрофотометричного аналізу	104
Висновки до розділу 3	106
РОЗДІЛ 4. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК РОСТУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ШТАМІВ <i>PL. OSTREATUS</i> ТА ЇХ ЗАПАШНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	108
4.1. Культурально-морфологічні показники росту штамів <i>Pl. ostreatus</i>	108
4.2. Сенсорний профільний аналіз запаху штамів <i>Pl. ostreatus</i>	111
4.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів	113
Висновки до розділу 4	114

РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ ЯКІСНОГО СКЛАДУ СУБСТРАТУ НА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПЛОДОВИХ ТІЛ ТА ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ <i>PL. OSTREATUS</i> У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ	117
5.1. Культурально-морфологічні характеристики росту <i>Pl. ostreatus</i> у залежності від типу субстрату	117
5.2. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених грибів досліджених штамів <i>Pl. ostreatus</i>	120
5.3. Спектрофотометричний аналіз екстрактів досліджених штамів <i>Pl. ostreatus</i>	123
Висновки до розділу 5	125
РОЗДІЛ 6. ВПЛИВ ДОБАВОК ДО СУБСТРАТУ НА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСТУ ТА ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМІВ <i>PL. OSTREATUS</i> У ПРОЦЕСІ ЇХ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ	127
6.1. Культурально-морфологічні характеристики росту <i>Pl. ostreatus</i> на субстратах з добавками	127
6.1.1. Культурально-морфологічні показники росту <i>Pl. ostreatus</i> на субстратах з мінеральними добавками	127
6.1.2. Культурально-морфологічні показники росту <i>Pl. ostreatus</i> на субстратах з добавками рослинних олій	133
6.1.3. Культурально-морфологічні показники росту <i>Pl. ostreatus</i> на субстратах з комплексними добавками	136
6.2. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодкових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих на субстратах з добавками	143
6.2.1. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодкових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих на субстратах з мінеральними добавками	143
6.2.2. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодкових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих на субстратах з добавками рослинних олій	149
6.2.3. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодкових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих на субстратах з комплексними добавками	151
6.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на субстратах з добавками	158

6.3.1. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на субстратах з мінеральними добавками	158
6.3.2. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на субстратах з добавками рослинних олій	161
6.3.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на субстратах з комплексними добавками	165
6.4. Аналіз та узагальнення результатів впливу добавок до субстратів на культурально-морфологічні показники росту та запахні властивості штамів <i>Pl. ostreatus</i>	169
Висновки до розділу 6	183
РОЗДІЛ 7. ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТУ ШТАМІВ <i>PL. OSTREATUS</i> У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ КУЛЬТИВУВАННЯ ТА ХВИЛІ ПЛОДОНОСІННЯ	189
7.1. Культурально-морфологічні характеристики росту <i>Pl. ostreatus</i> при культивуванні за різних температур	189
7.2. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених плодових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих за різних температур	193
8.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів <i>Pl. ostreatus</i> , культивованих за різних температур	195
8.4. Культурально-морфологічні характеристики росту штамів <i>Pl. ostreatus</i> на різних етапах плодоношення	199
8.5. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених плодових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> , отриманих на різних етапах плодоношення	200
8.6. Спектрофотометричне дослідження екстрактів плодових тіл штамів <i>Pl. ostreatus</i> різних хвиль плодоношення	202
Висновки до розділу 7	204
РОЗДІЛ 8. БІОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПЛОДОВИХ ТІЛ <i>PL. OSTREATUS</i> З РІЗНОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ АРОМАТУ У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ	206
Висновки до розділу 8	220
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	222

ВИСНОВКИ	224
СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	226
ДОДАТКИ	258
Додаток А	258
Додаток Б	260
Додаток В	262
Додаток Д	281
Додаток Е	292
Додаток Ж	294
Додаток К	295
Додаток Л	296

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПНЖК – поліненасичена жирна кислота

ЛОГ – ліпоксигеназа

ГПЛ – гідропероксидліаза

ГПОД – гідропероксиоктадекадієнова кислота

ІПФ – ізопентилпірофосфат

ДМАПФ – диметилалілпірофосфат

МВК – мевалонова кислота

МЕФ – метилеритритолфосфат

ГМГ-КоА – 3-гідрокси-3-метилглутарил-КоА

ГГТ – γ-глутамілтранспептидаза

КМД – комплексна мінеральна добавка

А – комплексна органо-мінеральна добавка «Аватар-1»

СО – соняшникова олія

КО – кукурудзяна олія

КЛ – кукурудзяні лусочки

ПВ – пшеничні висівки

СЖ – солод житній ферментований

СБ – соєве борошно

КД – кора дуба

ТД – тирса листяних порід дерев

МС – молочна сироватка

ДЕ – дріжджовий екстракт

ОБ – «Органічна біодобавка для грибів роду Глива»

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження органолептичних властивостей та споживчих якостей їстівних грибів є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної біотехнології макроміцетів.

Споживчий попит на грибну продукцію найбільшою мірою обумовлений її неповторним смаком та ароматом [1], гриби є традиційним делікатесом у кухнях багатьох країн світу [2]. Збільшення споживання їстівних грибів є одним з основних завдань розвитку сучасної біотехнології вищих грибів не лише через високий вміст білків, незамінних амінокислот, харчових волокон, вітамінів та мікроелементів у плодових тілах [3], а й завдяки їх протизапальній, імуномодельючій, противірусній, протипухлинній, антисклеротичній активності [4].

Останнім часом багато уваги приділяється грибам з точки зору їх здатності продукувати біологічно активні речовини. Незважаючи на складність методологічних та технологічних підходів до виділення та встановлення хімічної структури, дослідникам вдалося ідентифікувати понад 250 летких запашних сполук грибів [5], які представлені різними класами органічних речовин. До них відносяться аліфатичні насичені і ненасичені спирти та кетони [6], терпенові сполуки, кислоти, естери, альдегіди, гетероциклічні, ароматичні та сульфурвмісні сполуки [7]. Вони є цікавими не лише з точки зору їх використання в якості ароматизуючих речовин, а й завдяки їх біологічній активності по відношенню до нижчих грибів, бактерій [8], молюсків [9], комах [10, 11].

Хоча в останні роки у цьому напрямку проводиться чимало досліджень, відомості щодо синтезу летких запашних речовин грибами залишаються не до кінця з'ясованими. Остаточно не вирішене питання залежності їх утворення виключно від наявності у складі факторів живлення певних речовин-попередників біосинтезу, впливу фізичних факторів навколишнього середовища на їх утворення, зв'язку біосинтезу запашних речовин з етапами зрілості або морфологічними характеристиками плодових тіл.

Визначення впливу умов культивування та складу живильного середовища на запасні властивості їстівних грибів є актуальним, адже спрямоване на вирішення одразу декількох проблем галузі біотехнології культивування макроміцетів. По-перше, це дозволить вирішити питання підвищення ароматичних властивостей плодових тіл при культивуванні, що сприятиме зростанню попиту на їстівні гриби серед населення. По-друге, це дасть змогу розширити можливості застосування грибів не тільки як безпосередніх продуктів харчування, а й для виготовлення грибних концентратів, натуральних грибних приправ, добавок до харчових продуктів та напівфабрикатів з характерним вираженим грибним ароматом. По-третє, не виключена можливість отримання грибів з нетрадиційними ароматами (рибним, м'ясним, трав'янистим) без застосування генетичної модифікації, а лише зміною складу субстратів та умов вирощування, що призведе до цілеспрямованого синтезу певних груп запасних хімічних сполук.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у мікологічній лабораторії кафедри біотехнології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» у межах науково-дослідницьких тем: «Використання біотехнологічних та генетичних методів для підвищення ефективності біоконверсії, мікробного синтезу та вирішення екологічних проблем» (2011-2015 рр., № ДР 0111U008600), «Дослідження механізмів керування біотехнологічними процесами на основі біооб'єктів різних таксономічних груп», підтема «Дослідження біосинтетичної активності вищих грибів та керування цими процесами» (2016-2019 рр., № 51/160199).

Мета і завдання дослідження. *Мета* дисертаційної роботи – розробити біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату промислових штамів *Pl. ostreatus* у процесі їх твердофазного культивування.

Для досягнення мети були поставлені наступні *завдання*:

1. Дослідити промислові штами *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. серед колекційних культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України з точки зору профілів аромату плодових тіл.

2. Встановити вплив різних груп добавок до субстратів на культурально-морфологічні параметри росту штамів *Pl. ostreatus* у процесі твердофазного культивування.

3. Проаналізувати прояв запашних властивостей штамів *Pl. ostreatus* на субстратах різного хімічного складу.

4. Визначити вплив мінеральних, органічних та комплексних добавок природного походження на запашні властивості обраних штамів *Pl. ostreatus*.

5. Встановити оптимальний температурний режим, який би забезпечував формування плодових тіл *Pl. ostreatus* з найкращими запашними якостями у процесі твердофазного культивування.

6. Розробити технологічну та апаратурну схему біотехнологічного процесу твердофазного культивування штамів *Pl. ostreatus* з різною інтенсивністю аромату плодових тіл.

Об'єкт дослідження – запашні властивості промислових штамів грибів *Pl. ostreatus* в умовах субстратного культивування на відходах сільського господарства та деревопереробної промисловості.

Предмет дослідження – біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату та культурально-морфологічних ознак промислових штамів *Pl. ostreatus* у процесі твердофазного культивування на відходах сільського господарства під впливом добавок різного хімічного складу до субстратів.

Методи дослідження: біотехнологічні (твердофазне культивування штамів *Pl. ostreatus* на субстратах різного хімічного складу), мікологічні (встановлення культурально-морфологічних ознак культивованих штамів), біологічні (визначення параметрів росту та розвитку міцелію і плодових тіл грибів), органолептичні (сенсорний профільний аналіз запаху висушених зразків грибів), аналітичні (забезпечення підтримання оптимальних умов культивування, таких як температура, рН середовища, вологість, освітленість),

фізичні (екстракція летких сполук з плодових тіл *Pl. ostreatus* органічними розчинниками, спектрофотометричне дослідження грибних екстрактів), математичні (статистична обробка результатів експерименту).

Наукова новизна отриманих результатів. Для дослідження аромату плодових тіл грибів *Pl. ostreatus* адаптовано методику сенсорного профільного аналізу, що дозволяє без використання складних інструментальних методів аналізу визначити вплив окремих факторів процесу культивування на інтенсивність запаху вищих їстівних грибів.

Проведене у науковій роботі дослідження культур *Pl. ostreatus* на предмет запашних властивостей плодових тіл дозволило виділити штами (ІВК-1535 та ІВК-1543), які володіють найбільш вираженим характерним грибним ароматом.

Встановлено, що при твердофазному культивуванні *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні та тирсі листяних порід дерев формуються плодові тіла з більш вираженими грибними та м'ясними нотами запаху плодових тіл, а при вирощуванні на відходах виробництва насіння кукурудзи та соломі ячменю спостерігається зміщення профілів запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* у бік трав'янистих, солодких та квіткових нот.

Вперше виявлено, що мінеральні (солі кальцію, феруму та селену), органічні (рослинні олії) та комплексні (солод житній, соєве борошно, молочна сироватка, дріжджовий екстракт) добавки до субстратів при твердофазному культивуванні штамів *Pl. ostreatus* позитивно впливають на запашні властивості грибів, що ймовірно пов'язано з підвищенням синтезу летких сполук, зокрема «грибного спирту» 1-октен-3-олу, альдегідів та кетонів, які забезпечують аромат базидіоміцетів. Наведено УФ-спектри грибних екстрактів та профілі аромату зразків висушених грибів *Pl. ostreatus*, які дають чітке уявлення про формування профілю запаху цього виду гриба.

Оптимізовано біотехнологічний процес виробництва плодових тіл *Pl. ostreatus* з поліпшеними запашними властивостями на етапі приготування субстрату шляхом внесення добавок до субстрату.

Отримані результати з впливу різноманітних добавок до субстрату на запашні властивості промислових штамів *Pl. ostreatus* дають можливість керування процесом формування профілю аромату при твердофазному культивуванні їстівних грибів.

Практичне значення. Результати дисертаційної роботи мають практичне значення для економіки та суспільства, адже спрямовані на вирішення проблеми підвищення інтенсивності аромату їстівних грибів, оскільки у процесі їх твердофазного культивування значно знижується ця якісна характеристика плодових тіл у порівнянні з дикорослими грибами. Це сприятиме збільшенню попиту на грибну продукцію, розширенню можливостей використання висушених плодових тіл у харчовій промисловості, що, в свою чергу, призведе до стрімкого розвитку промислового грибівництва в Україні.

Отримані в ході дослідження дані щодо впливу речовин різної хімічної природи на характер та інтенсивність аромату базидіоміцетів при культивуванні *in vitro* дають можливість керувати процесами синтезу летких запашних сполук грибами в умовах грибівницьких господарств.

На основі результатів дослідження запашних властивостей *Pl. ostreatus* у процесі культивування на різних типах лігноцелюлозних відходів рекомендовано відходи від переробки насіння кукурудзи використовувати як альтернативний тирсі, соломі та лушпинню соняшника субстрат, на якому відмічений не лише високий вихід плодових тіл за субстратом (15,7-16,4 г/100 г), а й спостерігалось збільшення інтенсивності прояву характерних нот аромату грибів.

Проведений скринінг штамів *Pl. ostreatus* дозволяє запропонувати штамів IBK-1535 та IBK-1543 для вирощування як ті, що мають найбільш виражений характерний грибний аромат.

Результати роботи дають підстави для використання солоду житнього, соєвого борошна, молочної сироватки, рослинних олій у концентрації 1-5 %, дріжджового екстракту у концентрації 10^{-2} - 10^{-3} %, солей кальцію (10^{-2} %), феруму (10^{-3} %) та селену (10^{-5} %) в якості добавок до субстратів при промисловому культивуванні вищих грибів не лише завдяки своїй здатності

позитивно впливати на продуктивність *Pl. ostreatus*, а й з метою покращення органолептичних властивостей грибів цього виду. Нові дані, отримані у ході виконання дисертаційної роботи, мають важливе значення для вдосконалення компонентного складу субстратів.

Одержані результати покладені в основу розробки практичних рекомендацій щодо застосування різних типів добавок до субстратів із зазначенням їхньої оптимальної концентрації з метою підвищення інтенсивності аромату грибної продукції у процесі твердофазного культивування. Основним спрямуванням таких рекомендацій є використання у грибівницьких господарствах України.

Результати проведених досліджень впроваджені у лекційні курси та цикли лабораторних занять з дисциплін «Промислова мікологія» та «Методи досліджень та контролю в біотехнології» ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Особистий внесок здобувача. Робота є самостійним дослідженням дисертанта, яким проаналізовано наукову літературу, виконано основний обсяг експериментальних досліджень, узагальнено результати, систематизовано і статистично оброблено дані експериментального матеріалу. Частка автора складає 90 %.

Розроблення загальної схеми роботи, обґрунтування актуальності, планування досліджень, обговорення результатів та формулювання висновків проведено спільно з науковим керівником дисертаційної роботи кандидатом біологічних наук О. В. Кузнецовою (ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»). Наукові праці, що опубліковані у співавторстві, відображають результати спільного опрацювання отриманих даних. Розробка методики екстракції запашних речовин з плодових тіл грибів та спектрофотометричного дослідження отриманих екстрактів проводилася спільно із кандидатом хімічних наук Я. В. Степневською (ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет») та здійснювалася на базі лабораторії біотехнології ДУ Інститут зернового господарства НААН України за

підтримки доктора біологічних наук Т. М. Сатарової (ДУ Інститут зернового господарства НААН України). Органолептичний аналіз проводився із залученням групи експертів, включаючи к. б. н. О. В. Кузнецову, к. х. н. Я. В. Степневську, к. х. н. А. М. Вакуліч, інж. І кат. О. І. Білоус (ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»).

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і знайшли загальне схвалення на щорічних звітах НДІ Біотехнології та радах факультету технології органічних речовин та біотехнології ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет». Результати роботи були також представлені на III Міжнародному мікологічному форумі (Москва, Росія, 2015), міжнародних науково-практичних конференціях: VII Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології» (Дніпропетровськ, Україна, 2015); VIII Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології» (Дніпро, Україна, 2017); Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату» (Дніпро, Україна, 2017); 84 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (Київ, Україна, 2018); Міжнародна конференція молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Кирилівка, Україна, 2018); VII Міжнародна науково-практична конференція НУБіП України «Біотехнологія: звершення та надії» (Київ, Україна, 2018); Всеросійська конференція з міжнародною участю «Микология и альгология в России. XX – XXI век: смена парадигм» (Москва, Росія, 2018); міжнародна конференція молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Харків, Україна, 2019) та всеукраїнських конференціях: III Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Біотехнологія: звершення та надії» (Київ, Україна, 2014); VIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI

століття» (Київ, Україна, 2014); XIII Конференція молодих вчених «Наукові, прикладні та основні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин та мікроорганізмів» (Київ, Україна, 2016); Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України» (Дніпропетровськ, Україна, 2016); IX Всеукраїнська науково-практична конференція «Біологічні дослідження – 2018» (Житомир, Україна, 2018); XII Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття» (Київ, Україна, 2018); XIV Всеукраїнська наукова конференція студентів «Харчові технології» (Одеса, Україна, 2018).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 296 сторінках друкованого тексту та складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів і методів досліджень, результатів досліджень, їх аналізу та обговорення, висновків, списку використаних джерел, який містить 300 посилань. Дисертаційна робота містить 72 рисунки, 24 таблиці та 8 додатків.

РОЗДІЛ 1

РІЗНОМАНІТТЯ ЛЕТКИХ ЗАПАШНИХ СПОЛУК ГРИБІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ БІОСИНТЕЗУ У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ (огляд літератури)

1.1. Різноманіття запахів грибів

Гриби здавна використовуються як продукти харчування та ароматизуючі компоненти харчових продуктів завдяки своєму унікальному та витонченому аромату. У багатьох країнах гриби та страви з них вважаються делікатесом через їх специфічний аромат та текстуру [12].

Якість грибів залежить від таких факторів, як аромат, смак, текстура, колір. Серед цих якостей саме аромат є найбільш значущим [13].

Через велику кількість летких компонентів профіль аромату є так званою «візитівкою» продукту, яка може використовуватися для визначення його органолептичної якості та автентичності [5]. Їстівні гриби не є виключенням [14].

Тривіальні назви на багатьох мовах світу грибам часто даються виходячи з їх ароматичних властивостей [14]. Наприклад, *Hygrophorus agathosmus* (Fr.) Fr. – гігрофор духмяний, ароматний або запашний (має сильний анісово-мигдалевий аромат); *Lactarius glyciosmus* (Fr.) Fr. – хрящ-молочник ароматний або запашний (кокосовий аромат); *Lac. camphoratus* (Bull.) Fr. – хрящ-молочник камфорний (запах камфори, приправи карі); *Gloeophyllum odoratum* (Wulfen) Imazeki – глеофіллум пахучий (анісовий аромат) [15].

Найчастіше специфічний приємний аромат грибів описується як мигдалевий, анісовий, квітковий, трав'янистий або фруктовий [16].

При характеристиці 25 видів диких їстівних грибів були описані різні відтінки запаху, такі як сирний, овочевий, рибний, запах вареної курятини [17].

Аромат грибів варіює в дуже широкому діапазоні. Від дуже характерного грибного, властивого *Boletus edulis* Bull., до фруктового, притаманного грибам *Inocybe erubescens* A. Blytt, *Russula emetica* (Schaeff.) Pers., *Lac. deliciosus* (L.) Gray, *Leucoagaricus leucothites* (Vittad.) Wasser, мигдально-анісового, властивого *Hygr. agathosmus*, *Agaricus arvensis* Schaeff., *A. bitorquis* (Quél.) Sacc., *A. sylvicola* (Vittad.) Peck, *Gl. odoratum*, *Trametes suaveolens* (L.) Fr., *Clitocybe gibba* (Pers.) P. Kumm. [15].

Зустрічаються гриби з дуже специфічними запахами. Наприклад, *Marasmius alliaceus* (Jacq.) Fr., *Micromphale perforans* (Hoffm.) Gray мають сильний запах часнику; *Trichoderma viride* Pers. – кокосовий аромат; *Cortinarius suaveolens* Bataille & Joachim – сильний запах квітів апельсинового дерева; *Tricholoma aurantium* (Schaeff.) Ricken, *Lyophyllum connatum* (Schumach.) Singer, *Macrocyttidia cucumis* (Pers.) Joss. – огірковий; *Lac. glyciosmus* – кокосовий; *Lac. camphoratus* – камфорний; *Hygrophorus hyacinthinus* Quél. – жасминовий; *Clitocybe geotropa* (Bull. ex DC.) Quél. – лавандовий; *Lepista nuda* (Bull.) Cooke, *Trichol. equestre* (L.) P. Kumm., *Calocybe gambosa* (Fr.) Singer, *Catathelasma imperiale* (Quél.) Singer, *Entoloma sinuatum* (Bull. ex Pers.) P. Kumm., *Mycena galericulata* (Scop.) Gray, *Clitopilus prunulus* (Scop.) P. Kumm. – запах свіжого борошна; *Myc. pura* (Pers.) P. Kumm., *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm., *Amanita citrina* (Schaeff.) Pers. – редьки або сирої картоплі; *Trichol. sulphureum* (Bull.) P. Kumm. – неприємний хімічний, карбідний [15, 18].

Деякі види грибів здатні утворювати унікальні речовини, властиві лише їм. Наприклад, малиновий кетон [4-(4-гідроксифеніл)-2-бутанон], який утворює *Nidula niveotomentosa* (Henn.) Lloyd при глибинному культивуванні, а також (Е)-2-ноненаль, який має огірковий запах та синтезується грибами *Clitop. prunulus*, *Cat. ventricosum* та *Trichol. virgatum* (Fr.) P. Kumm. Сесквітерпени *Hygr. russocoriaceus* Berk. & Jos.K. Miller мають унікальний аромат сиру чедер [18].

1.2. Характеристика запашних сполук, які забезпечують аромат грибів

Леткі сполуки, які містяться у грибах, досліджувалися багатьма вченими. У різних видах грибів було ідентифіковано близько 150 різноманітних летких компонентів, які належать до різних хімічних класів [12].

До них відносяться похідні октану та октенів, нижчі терпени, бензальдегід, сполуки сульфуру та інші [12].

Леткі запашні сполуки їстівних грибів можна поділити на три групи: C_8 -сполуки, які відповідають за «характерний грибний аромат»; терпенові сполуки, яким властиві квіткові, солодкі, цитрусові запахи, та сульфурвмісні сполуки [5].

Леткі сполуки, які містять вісім атомів карбону, є ключовими компонентами грибного аромату та описані різними авторами [14]. Вони налічують 44,3-97,6 % від загальної фракції летких речовин. Основні з них – це 1-октанол, 3-октанол, 3-октанон, 1-октен-3-ол, 2-октен-1-ол, 1-октен-3-он [12].

Аліфатичний спирт 1-октен-3-ол (вперше названий «спирт мацутаке») є основним компонентом, який відповідає за унікальний грибний запах та аромат [14]. 1-Октен-3-ол зустрічається у двох оптично активних формах. У природі більш поширений (R)-(-)-1-октен-3-ол, який має специфічний грибний аромат, більш інтенсивний, ніж у (S)-(+)-ізомера, який має цвілеві та трав'янисті ноти запаху [18]. Оптична чистота (R)-(-)-1-октен-3-олу у грибах *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. дуже висока і, за деякими даними, досягає 97,3 % [19].

Ізопреноїди (або терпеноїди) належать до групи вторинних метаболітів, які синтезуються грибами. Наприклад, у плодових тілах *Tuber magnatum* Pico ідентифіковано 24 ізопреноїди. Найбільш значущі з них лімонен та цедрол [20]. Аромандендрен, альфа-фарнезен та інші терпеноїди були виявлені у плодових тілах *Tub. borchii* Vittad. [21].

Сульфурвмісні леткі органічні сполуки є ключовими складовими аромату трюфелів. Їх різноманіття у трюфелях значне, починаючи від відносно невеликих сполук, таких як диметилмоно-, ди- та трисульфіди, які синтезуються багатьма

видами трюфелів, до комплексних сполук, таких як 2-метил-4,5-дигідротіофен, характерний для білого трюфеля *Tub. borchii*, та диметилтіометан, характерний для *Tub. magnatum*. Останній містить ще 27 інших летких сполук сульфуру [20].

Але дослідження [22] виявили, що основною запашною сполукою *Tub. gibbosum* Harkn. є 1-октен-3-ол, який налічує у цих грибах 50-70 % від загальної кількості летких речовин. Серед інших сполук було ідентифіковано 2-октен-1-ол, н-гексаналь, октадієналь, н-гексанол, 3-октанон, 3-октанол.

Характерні «сірчисті» ноти запаху грибів *Lentinus edodes* (Berk.) Singer забезпечуються S-сполуками, до яких відносяться аліфатичні диметилдисульфід, диметилтрисульфід, 1-метилтіодиметилдисульфід та циклічні лентіонін (1,2,3,5,6-пентатієпан, $C_2H_4S_5$), 1,2,4-трیتیолан ($C_2H_4S_3$), 1,2,4,5-тетраціан ($C_2H_4S_4$) та 1,2,3,4,5,6-гексатієпан (CH_2S_6) [23].

Але найбільшими за вмістом у плодових тілах *L. edodes* та *L. boryanus* (Berk. & Mont.) Singer визначені все ж 3-октанон, 3-октанол, 1-октен-3-ол, метилдисульфід, бензальдегід, 2-пентилфуран, лімонен та бензенацетальдегід [24].

Багато досліджень проведено стосовно виділення та ідентифікації летких запашних сполук грибів.

Так, в гексанових екстрактах *Pl. ostreatus* було ідентифіковано 28 летких сполук. Серед них переважали 1-октен-3-ол (59,3 %), 1-октен-3-он (1,2 %), 1-октан-3-он (5,3 %), 3-октанол (5,8 %), н-октаналь (1,3 %), (Е)-2-октеналь (1,2 %) та н-октанол (1,1 %). Поєднання бензальдегіду (мигдалевий запах) (0,3 %), бензилового спирту (пряні, солодкі ноти) (0,2 %) та фенілетанолу (трояндовий аромат) (0,7 %) забезпечує, на думку дослідників, комплексний приємний запах грибів цього виду. Також були визначені монотерпени: α -пінен (0,1 %), р-цимен (0,1 %), ліналоол (0,2 %), оксид ліналоолу (0,2 %), що вносять додаткові ноти до приємного запаху *Pl. ostreatus* [25].

За іншими даними, в екстрактах *Pl. ostreatus* виявлено до 4,34 мг/100 г 3-октанолу, до 2,83 мг/100 г 1-октен-3-олу, до 2,57 мг/100 г 3-октанону [19].

У дослідженні [26] в екстрактах *Pl. ostreatus* визначено 20 сполук: алкани, спирти, жирні кислоти та інші органічні речовини. Серед них основними

леткими неполярними сполуками були 1,3-диметилбензен (32,8 %) та фенілетиловий спирт (21,6 %). Також ідентифіковані 1-октен-3-ол (0,9 %), 1,2-бензендикарбонова кислота (0,8 %), н-ундекан (0,1 %), цедрол (0,1 %) та гептадекан (0,1 %).

Екстракцією тетраклорметаном запашних речовин плодових тіл *Pl. ostreatus* були виділені 3-октанон, 3-октанол, 1-октен-3-ол, бензальдегід, 1-октанол та бензойна кислота [27]. Переважаючими леткими сполуками *Pl. eryngii* (DC.) Quél. визначені 3-октанон, 1-октен-3-он, 3-октанол, 1-октен-3-ол, бензальдегід, 1-октанол та 2-октен-1-ол [28], а у плодових тілах *Clitocybe maxima*, *Pl. eryngii* var. *ferulae* (DC.: Fr) Quel. та *Pl. ostreatus* виявлено шість C₈ та дві ароматичні сполуки [29].

У грибах *Pl. citrinopileatus* Singer ідентифіковані 2-пентилфуран (0,8-2,6 мг/100 г), 3-нонен-1-ол (1,13 мг/100 г) та 4-метил-4-нонанол (1,17 мг/100 г). Концентрація 1-октен-3-олу складала всього лише 0,03-0,08 мг/100 г. Вміст 1-октен-3-олу у плодових тілах *Pl. djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn визначений на рівні 1,76 мг/100 г [21].

За даними інших досліджень у плодових тілах *Pl. citrinopileatus* було виявлено 15 запашних сполук, серед яких найбільший вміст мали 3-метилтіопропаналь, 2,6-диметилпіразин, 2-октеналь (горіхові ноти запаху), 6-метил-5-гептен-2-он (трав'янисті складові аромату), 3-октанон (грибний запах) та нонаналь (фруктовий аромат) [30]. Цими ж авторами у грибах *Pl. eryngii* ідентифіковано 20 ароматутворюючих сполук, основними з яких визначено 1-октен-3-ол, гексанол, 1-октанол, метіональ, 2-пентилфуран, бензальдегід, 3-октанон, ацетофенон.

Показано також [28], що основними леткими сполуками *Pl. eryngii* є 3-октанон, 1-октен-3-он, 3-октанол, 1-октен-3-ол, бензальдегід, 1-октанол та 2-октен-1-ол.

У зразках сушених печериць *A. bisporus* (J. E. Lange) Imbach виявлено майже 250 сполук, більш ніж 50 з них ідентифіковано. Знайдено 13 аліфатичних спиртів (1-ундеканол, 1-октен-3-ол, 3-октен-1-ол, 1-деканол та інші), 7 кетонів

(3-октен-2-он, 2-октанон, 1-октен-3-он та інші), альдегіди (бензальдегід, фенілацетальдегід, гексаналь, метіональ та інші), гетероциклічні сполуки (піразини, фурани, тіофени, піроли, феноли) [31].

Показано [32], що значну частку запашних речовин в екстрактах *A. bisporus* становили 3-метилбутаналь, 3-октанон, 1-октен-3-он, 3-октанол, 1-октен-3-ол, фурфурол, бензальдегід, фенілацетальдегід та бензиловий спирт.

У деяких дослідженнях за допомогою інструментального аналізу зразків *A. bisporus* виявлено 25 летких сполук, серед них найбільші за вмістом гексаналь, 1-октен-3-ол, бензальдегід та бензиловий спирт [33].

У дослідженні [34] було виділено 83 та 65 запашних сполук з плодових тіл *A. blazei* Murrill та *A. bisporus* відповідно. Серед них переважали аліфатичні C₈ спирти, альдегіди та кетони (1-октен-3-ол, 3-октанол, 3-метил-1-бутанол). Серед S-сполук був ідентифікований метіональ, серед терпенів – ліналоол та неролідол. Вчені виявили також ароматичні сполуки – бензальдегід, метиловий та етиловий естери бензойної кислоти. Ці дані корелюють з роботою [35], у якій також досліджувалися запашні речовини *A. blazei*.

Аналіз свіжих та заморожених грибів *Cantharellus cibarius* Fr. показав наявність у них 1-октен-3-олу, 2-октен-1-олу, гексаналю, 1-гептен-3-ону, етилдека-2,4-дієноату, 2-октеналю, 3-октанону, але переважав серед них 1-октен-3-ол. Показано, що під час заморожування відбувалась значна втрата запашних сполук через їх високу леткість [36].

У *Boletus edulis* та *B. pinophilus* Pilát & Dermek ідентифіковано 23 запашні речовини. У свіжих плодових тілах *B. edulis* основними були 1-октен-3-ол (79,8 %), 2-октен-1-ол (13,2 %), 1-октен-3-он (2,5 %), 2-октеналь (1,2 %), а у *B. pinophilus* – 1-октен-3-ол (56,0 %), 2-октен-1-ол (13,6 %), 3-октанон (7,4 %), 2-октеналь (6,8 %), 1-октен-3-он (5,8 %), 1,7,7-триметилгептан-2-он (2,0 %). Відмічено, що ці компоненти складають 95-96 % від загальної фракції запашних речовин, але й інші мінорні компоненти також приймають участь у формуванні запаху, смаку та аромату цих грибів [37].

В екстрактах білих грибів виявлено понад 150 сполук, що відповідають за утворення запаху, майже 40 летких речовин ідентифіковано. Ключовими з них автори приводять 1-октен-3-он, 1,5-октадієн-3-он, 1-октен-3-ол, 3-октен-1-ол, 3-октен-2-он, 3,5-октендієн-2-он. На думку вчених, саме ненасичені C₈-кетони є визначальними ароматутворюючими речовинами висушених білих грибів, вони мають характерний грибний аромат та дуже низькі порогові концентрації запаху. Так, поріг виявлення 1-октен-3-она складав 0,03-1,12 нг в 1 дм³ повітря [38].

Також відмічено, що важливим компонентом аромату висушених білих грибів є метіональ. Його поріг відчуття виявлений, як дуже низький (0,2 нг/л), а внесок у загальний аромат продукту значний [38].

У результаті досліджень [39] у *A. bisporus*, *Pl. florida* Cetto та *Calocybe indica* Purkayastha & A. Chandra було ідентифіковано 25 летких сполук. Серед них переважали 1-октен-3-ол, н-октанол, 3-октанол, 2-октен-1-ол, н-пентаналь, 1-гексанол, бензиловий спирт, 2-октеналь, н-октаналь.

В екстрактах восьми висушених їстівних грибів *Pl. abalonus*, *Agrocybe aegerita* (V. Brig.) Singer, *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers., *B. edulis*, *L. edodes*, *Pl. eryngii* визначено 88 запашних сполук, серед яких 11 спиртів, 11 кетонів, 15 альдегідів, 3 сполуки сульфору, 3 алкени, 8 терпенів, 8 кислот, 8 естерів, 5 гетероциклічних сполук, 20 ароматичних компонентів та 4 інших. Найбільшу частку склали 1-октен-3-ол, 3-октанол, 3-октанон, 2-ундеканон, гексаналь, нонаналь, 6-ноненаль, 2,4-декадієналь, октаналь, 2-октеналь, бензальдегід, фенілацетальдегід, анетол [16].

У семи видах диких грибів (*Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst., *Oligoporus caesius* (Schrader) Gilb. & Ryvarden, *Amanita rubescens* Pers., *Paxillus involutus* (Batsch) Fr., *Suillus grevillei* (Klotzsch) Singer, *Suillus luteus* (L.) Roussel, *Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél.) виявлено 25 летких речовин. Відзначено, що вміст C₈ сполук варіював у межах 5,0-85,5 %. Дослідники відмітили, що серед ароматутворюючих сполук переважали 1-октен-3-ол, 3-гептанон, лімонен, 2-гептеналь, 2-деценаль, 4-гідрокси-4-метил-2-пентанон, фарнезилацетон, 3-октанол та 3-октанон, а також вперше були ідентифіковані ацетон та 1,8-цинеол [40]. Пізніше,

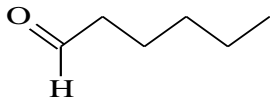
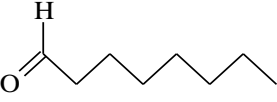
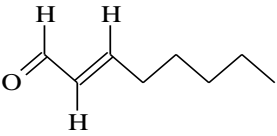
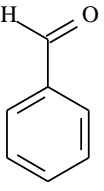
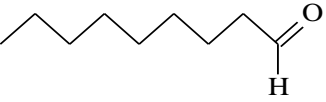
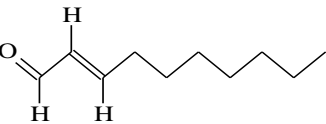

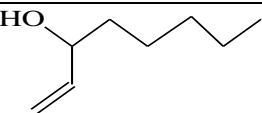
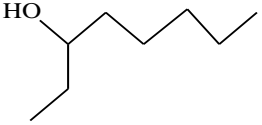
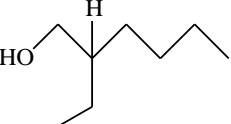
аналізуючи 14 видів свіжих диких грибів, цими авторами було визначено вже 45 летких сполук, а найбільший вміст мали 1-октен-3-ол, (Е)-2-октенол, 1-октен-3-он, октанол, 3-октанон, 3-октанол, 2-фенілетилацетамід, бензальдегід, лімонен, геранілацетон, фарнезилацетон та (Е,Е)-фарнезол [41].

У дослідженнях їстівних свіжих грибів *Cantharellus cibarius* Fr., *Gyromitra esculenta* (Pers.) Fr., *B. edulis*, *Lac. trivialis* (Fr.) Fr., *Lac. torminosus* (Schaeff.) Pers., *Lac. rufus* (Scop.) Fr. та *A. bisporus* ідентифіковано приблизно 50 запашних речовин. Відмічено, що досліджені гриби багаті на спирти та карбонільні сполуки, які містять 8 атомів карбону. Основною леткою сполукою диких грибів визначено 1-октен-3-ол, а культивованого *A. bisporus* – бензиловий спирт. Встановлено, що грибний аромат також забезпечують 1-октен-3-он, 2-октен-1-ол, октанол, нонанол, 2-октеналь, 3-октанол, гексаналь [42].

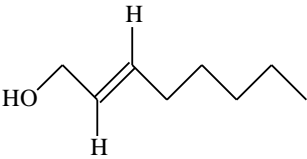
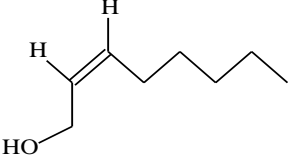
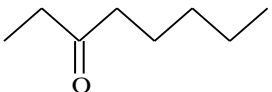
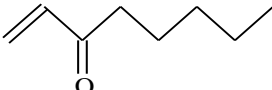
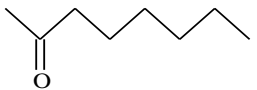
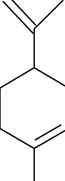
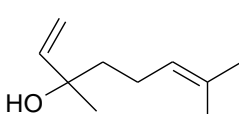
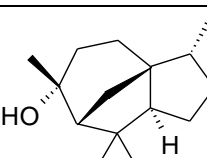
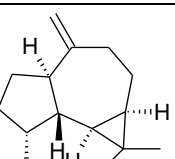
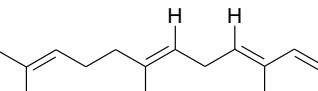
У роботі [43] наведений аналіз 11 видів диких їстівних грибів *Suillus bellini* (Inzenga) Watling, *S. luteus*, *S. granulatus* (L.) Roussel, *Tricholomopsis rutilans* (Schaeff.) Singer, *Hygr. agathosmus*, *A. rubescens*, *Russula cyanoxantha* (Schaeff.) Fr., *B. edulis*, *Trichol. equestre*, *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With. та *Canth. cibarius*. В них визначено 64 запашні сполуки: леткі кислоти (міристолеїнова, пальмітолеїнова, олеїнова, циннамінова), естери, спирти (1-октен-3-ол, 3-октанол), альдегіди (бензальдегід, фенілацетальдегід, метіональ), кетони (3-октанон, 1-октен-3-он, β -іонон, 6-метил-5-гептен-2-он, геранілкетон, фарнезилацетон), терпени (неролідол, евкаліптол, ментол, 1,4-цинеол), феноли, лактони, нелеткі кислоти.

Сумуючи дані літературного огляду, всі ароматутворюючі сполуки грибів можна поділити на декілька груп. У таблиці 1.1 представлено основні характеристики найбільш поширених запашних речовин грибів [24, 44].


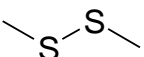
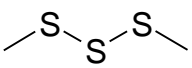
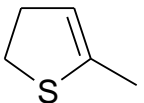
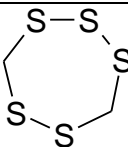
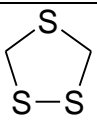
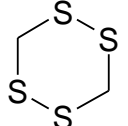
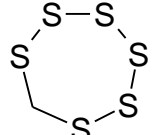
Таблиця 1.1. Основні запашні речовини грибів за [14, 34]

Запашна сполука	Структурна формула	Фізико-хімічні властивості	Характерний аромат
<i>Альдегіди</i>			
Гексаналь (C ₆ H ₁₂ O)		Безбарвна рідина, добре розчинна в етанолі, ефірі, розчинна в ацетоні, бензолі, малорозчинна у воді	Запах свіжоскошеної трави, яблучний, маслянистий
н-Октаналь (C ₈ H ₁₆ O)		Безбарвна або жовтувата рідина, розчинна в етанолі та інших органічних розчинниках, нерозчинна у воді	Цитрусовий, трав'янистий, маслянистий
Транс-2-октеналь (C ₈ H ₁₄ O)		Жовтувата рідина, розчинна в етанолі та інших органічних розчинниках, нерозчинна у воді	Фруктовий, трав'янистий, пряний
Бензальдегід (C ₇ H ₆ O)		Безбарвна або жовтувата рідина, розчинна в етанолі, ефірі та інших органічних розчинниках, розчинність у воді 0,3 %	Мигдалевий, вишневий, солодовий, смаженого перцю
Нонаналь (C ₉ H ₁₈ O)		Безбарвна або жовтувата рідина, розчинна в етанолі та інших органічних розчинниках, не розчинна у воді	Жирний, квітковий, трав'янистий, лимонний
2-деканаль (C ₁₀ H ₁₈ O)		Безбарвна злегка масляниста рідина, розчинна в етанолі, погано розчинна у воді	Апельсиновий, жирний, рибний
<i>Спирти</i>			
1-Гексанол (C ₆ H ₁₄ O)		Безбарвна рідина, розчинна в етанолі та інших органічних розчинниках, розчинність у воді 5,9 г/л (20 °C)	Трав'янистий, квітковий
1-Октен-3-ол (C ₈ H ₁₆ O)		Безбарвна рідина, розчинна в етанолі, погано розчинна у воді	Грибний, землянистий
3-Октанол (C ₈ H ₁₈ O)		Безбарвна масляниста рідина, добре розчинна в етанолі, ефірі, погано розчинна у воді	Грибний, маслянистий, горіховий, цитрусовий
2-Етил-1-гексанол (C ₈ H ₁₈ O)		Безбарвна рідина, розчинна у більшості органічних розчинників, розчинність у воді 0,07 %	Трояндовий, трав'янистий

Продовження табл. 1.1

Транс-2-октен-1-ол ($C_8H_{16}O$)		Безбарвна рідина, нерозчинна у воді	Грибний
Цис-2-октен-1-ол ($C_8H_{16}O$)		Безбарвна рідина, погано розчинна у воді, розчинна в більшості органічних розчинників та етанолі	Квітковий, трав'янистий
Кетони			
3-Октанон ($C_8H_{16}O$)		Безбарвна прозора рідина, розчинність у воді 0,7 г/л (20 °C)	Маслянистий, трав'янистий, фруктовий, солодкий
1-Октен-3-он ($C_8H_{14}O$)		Безбарвна прозора рідина, нерозчинна у воді	Грибний, землянистий
2-Октанон ($C_8H_{16}O$)		Безбарвна прозора рідина, розчинність у воді 0,9 г/л (20 °C)	Маслянистий, жирний
Ізопреноїди			
Лімонен ($C_{10}H_{16}$)		Безбарвна або світло-жовта рідина, нерозчинна у воді	Лимонний, цитрусовий
Ліналоол ($C_{10}H_{18}O$)		Безбарвна або світло-жовта рідина, розчинність у воді 1,59 г/л (25 °C), розчинна у спирті, ефірі та інших органічних розчинниках	Фруктовий, пряний, деревний, квітковий
Цедрол ($C_{15}H_{26}O$)		Безбарвна рідина, розчинність у воді 0,0113 г/л (25 °C), розчинна в етанолі	Деревний, землянистий
Аромадендрен ($C_{15}H_{24}$)		Безбарвна або світло-жовта рідина, нерозчинна у воді	Деревний
Альфа-фарнезен ($C_{15}H_{24}$)		Безбарвна або світло-жовта рідина, нерозчинна у воді	Деревний, квітковий, запах варених овочів

Продовження табл. 1.1

<i>S</i> -вмісні сполуки			
Диметилмоно- сульфід (C ₂ H ₆ S)		Прозора безбарвна або світло- жовта рідина, нерозчинна у воді	Неприємний сірчистий, землянистий, капустяний
Диметилди- сульфід (C ₂ H ₆ S ₂)		Безбарвна або жовта масляниста рідина, погано розчинна у воді, розчинна в органічних розчинниках	Сірчистий, часниковий
Диметилтри- сульфід (C ₂ H ₆ S ₃)		Світло-жовта рідина, нерозчинна у воді	Сірчистий, рибний, часниковий, м'ясний
2-метил-4,5- дигідротіофен (C ₅ H ₈ S)		Безбарвна рідина, погано розчинна у воді	Сірчистий, м'ясний
1,2,3,5,6- пентагієпан (C ₂ H ₄ S ₅) лентіонін		Безбарвна рідина, розчинність у воді 0,61 г/л (25 °C)	Сірчистий, характерний для грибів шиїтаке
1,2,4- тригіолан (C ₂ H ₄ S ₃)		Розчинний у спиртах, у воді розчинність 2,7 г/л (25 °C)	Сірчистий, часниковий
1,2,4,5- тетраціан (C ₂ H ₄ S ₄)		Розчинність у воді 0,76 г/л (25 °C)	Сірчистий
1,2,3,4,5,6- гексатієпан (CH ₂ S ₆)		Розчинність у воді 3,34 г/л (25 °C)	Сірчистий

1.3. Умови, які впливають на формування запаху грибів

Аналізуючи представлені у попередньому підрозділі дані, можна зробити висновок, що кількість, вміст та співвідношення ідентифікованих дослідниками летких запашних речовин у грибах варіює у дуже широких межах.

Аромат грибів залежить не лише від географічних умов існування, але й змінюється під впливом зовнішніх екологічних факторів, процесу приготування страв, зберігання та віку плодових тіл [18]. Так, зберігання протягом 7 днів грибів *A. bisporus* шкідливо впливає на їх запах [45].

Інтенсивність аромату *Tub. gibbosum* посилюється зі збільшенням ступеня дозрівання спор [22].

Аналіз літературних даних свідчить, що профіль летких сполук змінюється у залежності від виду та штаму, також на нього впливають умови культивування [12].

Дослідники вважають, що синтез ароматичних речовин грибами залежить від складу субстрату, умов розвитку, стадії зростання та генетичних особливостей штамів [35].

Утворення летких сполук різними частинами плодового тіла також відрізняється. Так, сенсорним аналізом визначено, що аромат сирих шапинок *A. bisporus* був більш інтенсивним, ніж аромат сирих ніжок [45].

У шапинці та ніжці *Trichol. matsutake* Sing. було ідентифіковано відповідно 24 та 21 летка сполука. Такі речовини, як бензальдегід, α -пінен, камфен, лімонен, етиловий естер октанової кислоти, оксид (E)-ліналоолу були знайдені лише у шапинці, а 1-пентанол, 2-етил-1-гексанол, неролідол, (E)-2-октеналь – лише у ніжці. За дослідними даними у шапинці переважав за вмістом метилцинамат, а також 1-октен-3-ол, оксид (E)-ліналоолу, (E)-2-октен-1-ол та 3-октанол. А у ніжці домінуючою сполукою виявлено 1-октен-3-ол і трохи менші за вмістом метилцинамат, (E)-2-октен-1-ол та ліналоол. Вміст усіх C_8 -компонентів, за винятком 3-октанону, був вищим у ніжці, ніж у шапинці [12].

За допомогою органолептичного аналізу встановлено [46], що локус грибного аромату *A. bisporus* знаходиться у центральній частині шапинки та ніжки. При ензиматичних дослідженнях [47] виявлено, що більше 1-октен-3-олу утворюється у шапинці та гіменофорі, ніж у ніжці, також шапинки мають більш виражений приємний аромат як у свіжому, так і у приготованому вигляді.

Показано [48], що найвищий вміст трьох основних летких речовин *Lep. nuda* (1-октен-3-ол, 1-октен-3-он, 3-октанон), а також лінолевої кислоти відзначений у гіменофорі, порівняно з ніжкою та шапинкою, що говорить про те, на думку дослідників, що саме гіменофор є основною частиною плодового тіла, яка пов'язана з метаболізмом жирних кислот в ароматичні сполуки.

Деякі дослідники наголошують, що аромат залежить також від розміру плодового тіла. Так, встановлено [45], що гриби *A. bisporus* середнього розміру мають більш привабливий аромат, ніж маленькі та великі. А от у дослідженні спектрів летких речовин плодових тіл *P. eryngii* великого та маленького розміру суттєвих відмінностей виявлено не було [28].

При культивуванні *L. boryanus* та *L. edodes* на соломі ячменю, відходах цукрової тростини, букових відходах та дубовій тирсі було визначено, що утворення летких сполук варіює у залежності від типу субстрату. Так, у *L. boryanus* відмічено найбільше різноманіття запашних речовин при культивуванні на соломі ячменю (3-октанон, 3-октанол, 1-октен-3-ол, метилдисульфід, бензальдегід), а у *L. edodes* – на дубовій тирсі (3-октанон, 2-пентилфуран, лімонен, бензенацетальдегід, бензальдегід) [24].

Показано [18], що синтез ароматутворюючих сполук залежить також від джерел нітрогену та карбону у живленні грибів.

Перші спроби посилити грибний аромат були здійснені у 60-ті роки минулого століття Й. Зюсом та Н. Йонкерсом [49], які запропонували додавати до живильного середовища для вирощування грибного міцелію лецитинову емульсію або будь-які інші їстівні жири. При цьому дослідники спостерігали значне посилення запаху міцелію грибів.

Відмічається, що утворенню грибного аромату при глибинному культивуванні базидіоміцетів сприяє застосування комплексних середовищ з додаванням овочевих екстрактів, дріжджового екстракту, мальц-екстракту та інших добавок [50].

У дослідженні [51] показано, що склад субстрату впливає на сенсорні та якісні характеристики грибів *Pl. ostreatus* and *Polyporus tenuiculus* (P. Beauv.) Fr. При додаванні відходів ефіроолійного виробництва до субстратів спостерігалось посилення грибного аромату, а також зміна кольору та текстури плодових тіл.

Для посилення аромату грибів *L. edodes*, зокрема, підвищення вмісту у них запашної речовини 1,2,4-тритіолану, при культивуванні на рисових висівках та

тирсі до субстратів додавали амінокислоти (цистеїн, метіонін, глютамінову кислоту) [52].

У інших дослідженнях [53] встановлено, що додавання сульфату феруму (II) до цукрової тростини при субстратному культивуванні підвищувало ароматичні властивості *Pl. ostreatus*. Але при цьому посилювалися сірчані, уамі, гіркі та металеві ноти аромату, що пов'язують зі збільшенням вмісту білка та золи у субстраті.

Згідно інших даних, при культивуванні штамів *Pl. ostreatus* та *Pl. eryngii* на картопляно-декстрозному агарі, збагаченому Na_2SeO_3 у концентрації 25,4-101,8 мг/л, з'являлось яскраво-жовте забарвлення колоній та характерний сильний запах, що автори пояснили ймовірним синтезом летких сполук, таких як нонадеканова кислота, 9,12-октадекадієн-1-ол, метиловий ефір цис-лінолевої кислоти, етиловий ефір пальмітинової кислоти та інших, які є складовими аромату грибів та викликають такий запах [54].

Ці відомості співпадають з [55], де відмічено, що під час твердофазного культивування *Pl. ostreatus* на кавових відходах при концентрації селену у субстраті вище 25,4 мг/кг плодові тіла мали різкий неприємний запах.

Інші автори виявили, що додавання селену до середовища культивування сприяло підвищенню антиоксидантної активності екстрактів плодових тіл *Pl. ostreatus* та *Pl. eryngii*, яке пов'язують зі збільшенням утворення фенольних, флавоноїдних сполук та аскорбінової кислоти [56], а також обумовило посилення лакказної активності *L. edodes* [57].

Для аналізу запашних сполук у грибах дуже важливою стадією є підготовка досліджуваних зразків та концентрація цих речовин. Основними методами виділення летких сполук є гідродистиляція, екстракція органічними розчинниками, твердофазна мікроекстракція, уловлювання цих речовин з газової фази [58]. Кожен з цих методів має певні недоліки: вони потребують багато часу, на аналіз можуть впливати органічні розчинники, вони не завжди є репрезентативними для летких речовин, що наявні у певний момент часу [47]. Так, показано [58], що профіль ароматутворюючих речовин значно залежить від методу екстракції, а у дослідженні [59] визначено, що паровою дистиляцією з

одночасною екстракцією утворюються леткі сполуки, серед яких переважають продукти розпаду ліпідів. Це робить профіль ароматичних речовин нерепрезентативним.

Профіль аромату грибів також змінюється під час їх термічної обробки. У процесі сушки разом з видаленням вологи відбувається часткова втрата летких органічних речовин, збільшується концентрація низькомолекулярних сполук (пептидів, амінокислот, цукрів, органічних кислот), змінюється активність ферментів. Все це призводить до зміни запаху та смаку продукту. При термічній сушці спостерігаються реакції між амінокислотами та цукрами, які призводять до синтезу нових органічних летких речовин, що обумовлюють аромат висушених грибів. У висушених плодових тілах грибів під час зберігання також відбуваються зміни, особливо у складі летких сполук, які пов'язані з їх втратою за рахунок випаровування та окиснення. У деяких грибах можлива поява нових речовин при протіканні реакцій між леткими сполуками та їх попередниками під час зберігання [6].

Так, у сирих плодових тілах *A. bisporus*, які мали сильний аромат свіжих грибів, було ідентифіковано 6 основних летких речовин: 4-метил-3-пентен-2-он, 1-октен-3-ол, 3-октанон, бензальдегід, 3-октанол та 2-октен-1-ол. У варених зразках, які мали сильний аромат термічно оброблених грибів, виявили 9 летких сполук: 4-метил-3-пентен-2-он, бензальдегід, 1-октен-3-он, 1-октен-3-ол, 3-октанон, 3-октанол, 2-етил-1-гексанол, бензиловий спирт, 1-октанол та 2-октен-1-ол. Водночас у висушених зразках, які мали помірний аромат, що значно посилювався при регідратації, ідентифікували 10 сполук: 3-гексен-2-он, бензальдегід, 1-октен-3-он, 1-октен-3-ол, 3-октанон, 3-октанол, бензиловий спирт, 2-октен-1-ол, 1-октанол, 3,5,5-триметил-2-циклогексен-1-он. У висушених, а потім відварених зразках грибів, які мали сильний аромат варених грибів, визначили 17 сполук: толуол, фурфурол, гексаналь, бензальдегід, 1-октен-3-он, 1-октен-3-ол, 3-октанон, 3-октанол, 2-етил-5-метилпіразин, лімонен, бензиловий спирт, бензилацетальдегід, 2-октен-1-ол, 1-октанол, 3,5,5-триметил-2-циклогексен-1-он, 4-феніл-2-бутеналь, бензилізотіоціанат. Отже, концентрації 1-октен-3-олу,

3-октанону та 3-октанолу виявилися значно вищими у свіжих грибах. Вміст бензальдегіду значно підвищувався під час термічної обробки, а бензиловий спирт та 1-октен-3-он були ідентифіковані лише у висушених або термічно оброблених зразках [2].

Показано [24], що запах висушених *L. edodes* відрізнявся від запаху свіжих грибів, що обумовлене наявністю лентіоніну та деяких інших сполук сульфуру та спиртів. Дослідники уточнюють, що разом із лентіоніном інші сполуки, такі як 1,2,4-трیتیолан та 1,2,4,6-тетратієпан, відіграють важливу роль у формуванні аромату висушених плодових тіл *L. edodes*.

За результатами дослідження [6], відварені білі гриби мали більш високий вміст летких речовин, порівняно зі свіжими. Леткі аліфатичні та гетероциклічні сполуки, які утворилися у результаті реакції Майяра, що протікає при нагріванні, а також ізомери октенолів та октенонів, суттєво впливали на аромат термічно оброблених грибів.

За деякими даними, вміст всіх летких речовин у плодових тілах *B. edulis* значно збільшувався при зберіганні грибів. На відміну від свіжих грибів, в яких за вмістом переважав спирт 1-октен-3-ол, у висушених білих грибах в максимальній кількості виявлений кетон 1-октен-3-он, його вміст при зберіганні збільшувався у 6 разів. Вміст інших C_8 -кетонів був нижчий, але також збільшувався при зберіганні сухих грибів у 6-11 разів. Отже, на думку вчених, ненасичені C_8 -кетони є основними ключовими сполуками висушених білих грибів, вони мають характерний грибний аромат та дуже низькі порогові концентрації запаху [38].

Що стосується C_6 - C_8 -спиртів, то їх вміст при зберіганні та термічній обробці значно зменшувався, а альдегідів, навпаки, – збільшувався [6].

У дослідницьких роботах [36] відмічено, що під час заморожування грибів *Canth. cibarius* відбувалася значна втрата летких сполук через їх високу леткість.

1.4. Біосинтетичні шляхи утворення летких запашних сполук

З літературних джерел відомо, що восьмивуглецеві леткі сполуки утворюються ферментативно шляхом окиснення поліненасичених жирних кислот (ПНЖК). Ця реакція каталізується ліпоксигеназами (ЛОГ), а шлях окиснення ПНЖК ще називають ліпоксигеназним шляхом [60]. Метаболіти, які утворюються у цьому шляху, називають оксиліпінами [61].

Враховуючи дані інших авторів та власний аналіз, найбільш імовірний шлях синтезу 1-октен-3-ола представлений на рисунку 1.1.

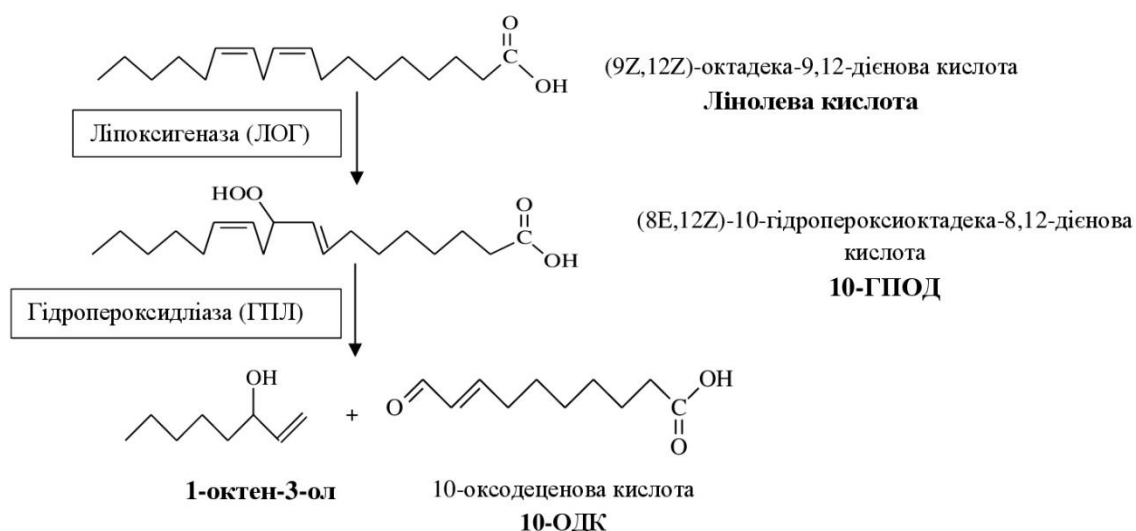


Рис. 1.1. Ліпоксигеназний шлях окиснення поліненасичених жирних кислот [за 47, 63-66 з модифікаціями]

Жирні кислоти є попередниками синтезу C₈ летких сполук та є основними компонентами більшості ліпідів [47].

Ліпоксигенази (лінолеат:кисень оксидоредуктази, ЕС 1.13.11.12; ЛОГ) – ензими класу оксидоредуктаз, які дуже поширені у рослинах та тваринах, але виявлені також у коралах, водоростях, грибах, дріжджах і ряді бактерій. Більшість ЛОГ відноситься до діоксигеназ, які містять негемовий ферум [61]. Ця група ензимів каталізує окиснення молекулярним киснем поліненасичених жирних кислот, які містять (1Z,4Z)-пентадієнову ділянку, таких як лінолева, ліноленова та арахідонова кислоти, з утворенням відповідних гідропероксидів [62].

Хоча більш сприятливим субстратом для ЛОГ є вільні жирні кислоти, повідомлялося про те, що жирні кислоти, ацильовані до фосфоліпідів, також повільно окислюються ліпоксигеназами [63].

Багато досліджень проведено щодо вивчення структури та властивостей рослинних і тваринних ліпоксигеназ.

Як показав аналіз даних літератури, введення кисню у ПНЖК за допомогою ЛОГ є регіо- та стереоспецифічним, і ця специфіка використовується як вирішальний критерій класифікації ЛОГ. У рослинах переважаючими субстратами ЛОГ є ліолева та ліноленова кислоти. Рослинні ліпоксигенази класифікують як 9- та 13-ЛОГ відповідно до позиційної специфічності окиснення ліолевої кислоти. Тваринні ліпоксигенази класифікують як 5-, 8-, 9-, 11-, 12- та 15-ЛОГ у відповідності до їх позиційної специфічності в окисненні арахідонової кислоти, як домінуючого субстрату тваринних ЛОГ. Більш того, ЛОГ класифікують на S- та R-ЛОГ на основі хіральності гідропероксидів, які ними утворюються [62].

Грибні ліпоксигенази схожі на ліпоксигенази рослин, окислюють переважно C_{18} жирні кислоти. Ліолева кислота ($18:2, \Delta^{9,12}$) – найбільш поширена серед жирних кислот культивованих грибів, за якою слідує пальмітинова та стеаринова кислоти. Більшість грибів перетворюють C_{18} жирні кислоти на 9-гідропероксид або 13-гідропероксид жирної кислоти (вони містять 9-ЛОГ та 13-ЛОГ відповідно). Цікаво, що 10-гідропероксид та 12-гідропероксид жирної кислоти також є можливими продуктами метаболізму поліненасичених жирних кислот грибів [67].

Продукти, утворені ліпоксигеназами, далі перетворюються гідропероксидліазами (ГПЛ), пероксигеназами або редуктазами.

Гідропероксидліази здатні до гомолітичного або гетеролітичного розщеплення гідропероксидів, у результаті чого, в залежності від ділянки розщеплення, утворюються різні коротколанцюгові леткі сполуки. Перший механізм, гомолітичний, пов'язаний із розщепленням гідропероксиду між карбоном з гідропероксидною групою та насиченим карбоном. Цей механізм

властивий водоростям та грибам. Інший механізм, гетеролітичний, зустрічається у багатьох рослин: ензим розщеплює гідропероксид між карбоном, до якого прикріплена гідропероксидна група, та ненасиченим карбоном [47].

Показано [64], що після інкубації 9-, 10-, 12- та 13-гідропероксидів лінолевої кислоти з білковою фракцією грибів *Psalliota bispora* (J.E. Lange) F. H. Møller & Jul. Schäff. лише 10-гідропероксид розщеплюється до 1-октен-3-олу та 10-оксо-транс-8-деценової кислоти.

Результати [65] відмічають стереохімічну кореляцію між (R)-1-октен-3-олом та (S)-10-гідроперокси-(8E,12Z)-8,12-октадекадієноювою кислотою (10-ГПОД) у гомогенатах *L. edodes* та *Tricholoma matsutake* Sing.

У ході досліджень [66] відзначено, що 13-гідроперокси-цис-9,транс-11-октадекадієнова кислота (13-ГПОД) та 10-оксо-транс-8-деценова кислота (10-оксокислота) є основними нелеткими метаболітами глибинної культури *Pl. pulmonarius* (Fr.) Quél. Їх пов'язують з ферментативним розщепленням лінолевої кислоти до 1-октен-3-олу. Але, незважаючи на накопичення, 13-ГПОД не є попередником синтезу 1-октен-3-олу. Ці результати свідчать про залучення двох різних ліпоксигеназ до утворення 1-октен-3-олу та 13-ГПОД.

Але, окрім 1-октен-3-олу, у формуванні характерного аромату грибів приймають участь й інші аліфатичні насичені та ненасичені C₆-C₁₀ сполуки, які, ймовірно, утворюються за участю інших ліпоксигеназ та гідропероксидліаз. Тобто, найімовірніше те, що у клітинах грибів одночасно функціонують декілька метаболічних шляхів синтезу летких запашних сполук.

Терпеноїди є найбільш поширеною та структурно різноманітною групою вторинних метаболітів рослин [68], тому метаболічні шляхи утворення летких запашних сполук терпеноїдної природи достатньо вивчені та висвітлені у літературі на прикладі рослинних організмів.

Терпеноїди походять від універсального C₅-попередника ізопентилпіросфату (ІПФ) та його ізомеру диметилалілпірофосфату (ДМАПФ), який у вищих рослинах генерується двома незалежними шляхами, розташованими в окремих внутрішньоклітинних компартментах. У цитозолі ІПФ

утворюється шляхом мевалонової кислоти (МВК), який починається з конденсації ацетил-КоА. У пластидах ІПФ утворюється з пірувату та гліцеральдегід-3-фосфату. Це МВК-незалежний шлях, який також називають МЕФ шлях через ключовий метаболіт метилеритритолфосфат (МЕФ) [68].

Схема мевалонатного шляху біосинтезу запашних сполук представлена на рисунку 1.2.

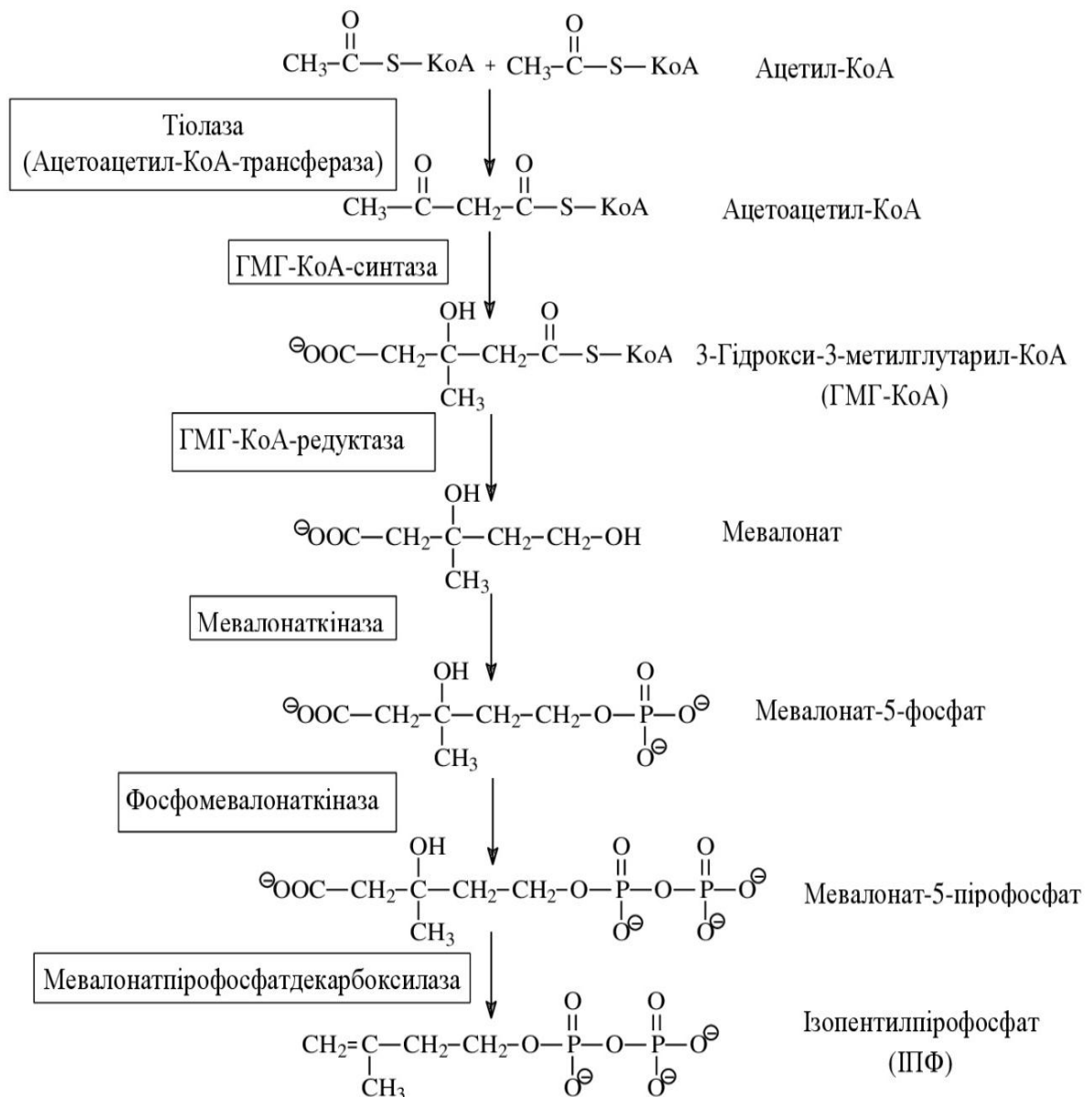


Рис. 1.2. Мевалонатний шлях біосинтезу запашних сполук [за 68-70 з модифікаціями]

При взаємодії двох молекул ацетил-КоА утворюється ацетоацетил-КоА, який у свою чергу реагує з ще однією молекулою ацетил-КоА з утворенням

3-гідрокси-3-метилглутарил-КоА (ГМГ-КоА). Дві молекули НАДФН відновлюють естерифіковану карбоксильну групу ГМГ-КоА до гідроксильної, паралельно відбувається гідроліз макроергічного тіоефірного зв'язку. У результаті цієї незворотної реакції утворюється мевалонат. Далі протікають дві послідовні реакції фосфорилування мевалонату, що каталізуються двома різними кіназами, та утворюється пірофосфатний естер, який за участю третьої молекули АТФ перетворюється на ізопентилпірофосфат (ІПФ) за рахунок утворення подвійного C=C зв'язку та відщеплення карбоксильної групи. Подальша ізомеризація ІПФ призводить до утворення диметилалілпірофосфату, до якого за подвійним зв'язком приєднується нова молекула ІПФ та утворюється геранілпірофосфат. Нарощування довжини ізопреноїдного ланцюга продовжується за рахунок приєднання нових молекул ІПФ за принципом «голова до хвоста». Конденсація ізопентенилових залишків каталізується пренілтрансферазами. Кожен з утворених пренілпірофосфатів є попередником для синтезу відповідних ізопреноїдів. Завдяки великому різноманіттю попередників-пренілпірофосфатів можливий синтез ізопреноїдів величезної кількості різних типів та структур (гемітерпенів, монотерпенів, сесквітерпенів та ін.), які є запашними речовинами грибів [68].

Два основні біосинтетичні шляхи утворення S-вмісних летких сполук (рис. 1.3), які пов'язані з катаболізмом L-метіоніну, досліджені на бактеріях та дріжджах-аскомицетах: одноступенева конверсія L-метіоніну в метантиол за участю метіонінліази (більш типової для бактерій, ніж для дріжджів) або цистатіонінліази; двоступеневий шлях, який ініціюється трансамінуванням L-метіоніну у 4-метилтіо-2-оксомасляну кислоту, яка декарбоксилюється у 3-метилтіопропаналь (також відомий як метіональ) з подальшим перетворенням у метантиол [20].

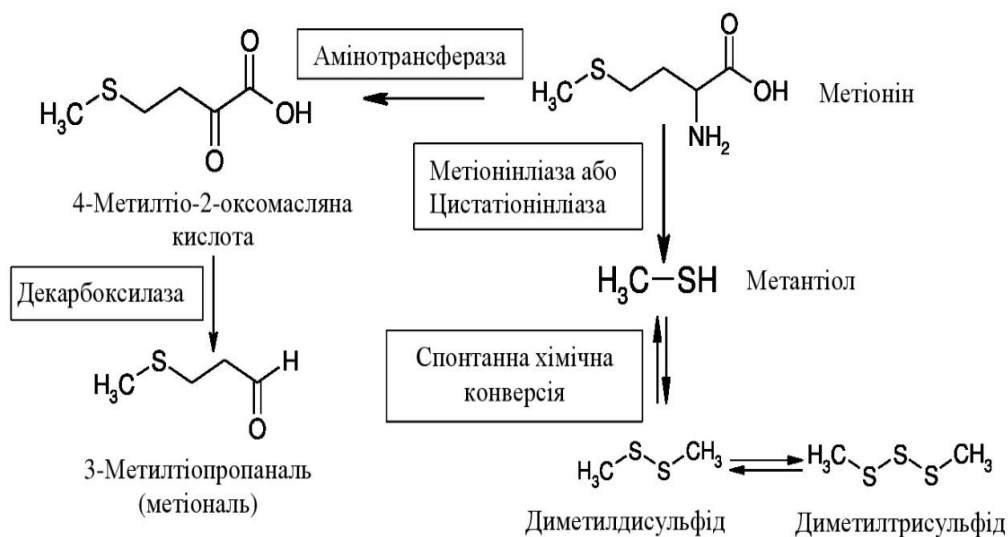


Рис. 1.3. Біосинтетичні шляхи утворення S-вмісних летких сполук [за 20, 71 з модифікаціями]

Лентіонін (1,2,3,5,6-пентатієпан) – циклічна S-вмісна сполука, виявлена у *L. edodes*, є похідним γ -L-глутамілцистеїнсульфоксиду (лентинової кислоти) та утворюється у процесі двоступеневої ферментативної реакції. Спочатку лентинова кислота активується відщепленням ділянки γ -глутамілу, яке каталізується γ -глутамілтранспептидазою (ГГТ), з утворенням похідного L-цистеїнсульфоксиду. Останній далі за участю цистеїнсульфоксидліази перетворюється на дуже реакційно здатну сульфенову кислоту. Після цього сульфенова кислота швидко конденсується, утворюючи тіосульфінат, який трансформується в інші сполуки сульфуру, включаючи лентіонін (рис. 1.4) [72].

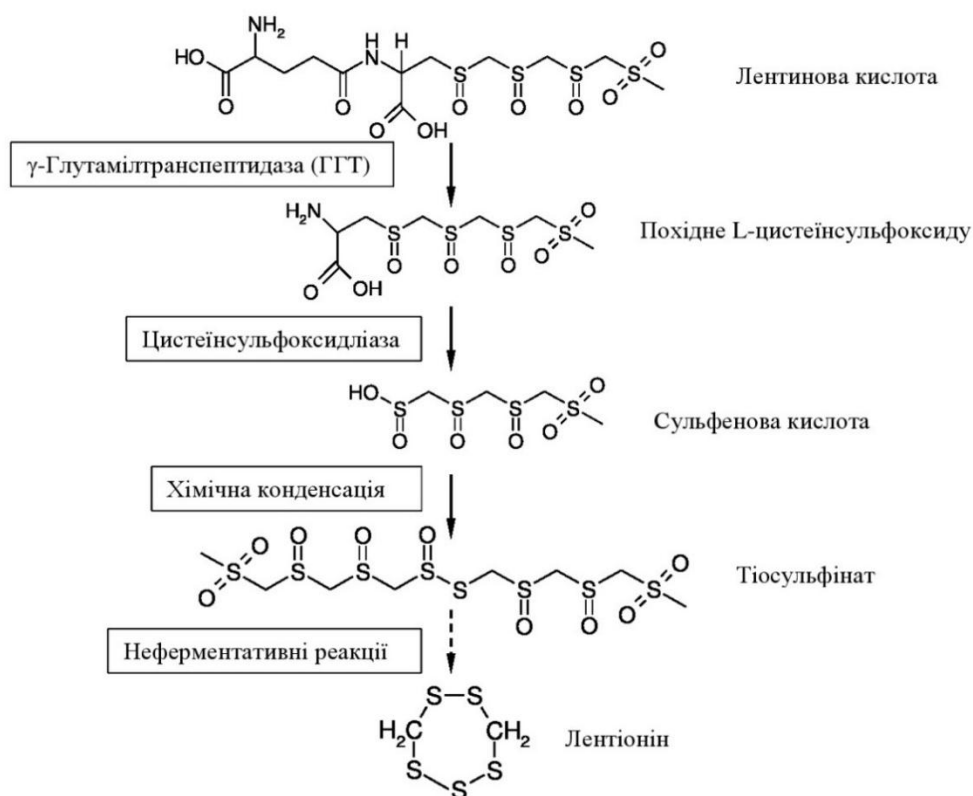


Рис. 1.4. Біосинтез циклічних летких сполук сульфуру [за 72, 73 з модифікаціями]

1.5. Біологічна роль летких запашних сполук грибів

Гриби та інші організми не живуть поодинокі. Вони створюють складні, різноманітні угруповання, біоценози та симбіози. У пошуках хімічної основи, за допомогою якої організми утворюють ці спільноти, акцент минулих досліджень був зосереджений на ролі розчинних вторинних метаболітів у визначенні розподілу та міжвидових взаємодій у екологічних нішах. Зовсім недавно з'явилася інформація про те, що суміші летких органічних сполук, що виділяються грибами та іншими організмами під час їх росту, також відіграють важливу роль у формуванні та регуляції симбіотичних асоціацій та розподілі сапрофітних, мікоризних та патогенних біооб'єктів. Вони беруть участь у захисті та конкуренції, обумовлюють взаємодію у ґрунтових середовищах та наземних ареалах, відіграють роль екологічно важливих сигнальних молекул [7].

Леткі C_8 сполуки, які синтезуються спорофорами грибів, відіграють важливу роль у привабленні комах, які поширюють спори та у такий спосіб сприяють процесу розмноження. 1-Октен-3-ол ідентифікований як атрактант для мух цеце *Glossina palidipes* Austen and *G. moristans* Westwood, а також як агрегаційний гормон для жуків *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and *O. mercator* Fauvel [47].

Дослідження показали, що пастки, наповнені 1-октен-3-олом, приваблюють більше самок малярійних комарів *Anopheles gambiae* Giles та жовтих комарів лихоманки *Aedes aegypti* (L.), ніж контрольні пастки, але не приваблюють південних комарів *Culex quinquefasciatus* Say [10].

Спирти 1-октен-3-ол, 1-октанол, 1-гептанол, 1-нонанол є атрактантами для москітів тропічної та субтропічної областей *Lutzomyia longipalpis* Lutz & Neiva, які є переносником лейшманіозу [11].

У дослідженні [74] відмічений синергетичний ефект 1-октен-3-олу та CO_2 , який базується на нейронному збудженні комарів та виявляє значний приваблюючий вплив на самок комарів різних видів, особливо *Ochlerotatus serratus* Theobald, *Limatus flavisetosus* Castro, *L. durhamii* Theobald, *Wyeomyia aporonomia* Dyar & Knab, *W. confusa* Lutz, *W. pertinans* Williston.

Використання суміші CO_2 та 1-октен-3-олу у пастках для комарів, що доведено також у дослідженнях [75, 76], приваблює комарів різних родів, таких як *Aedes spp.*, *Anopheles spp.*, *Psorophora spp.*, *Coquillettidia spp.* та *Mansonia spp.*, але відгук на дію атрактантів дуже коливається у залежності від географічних, сезонних умов та фізіологічного стану комах.

Аналогічний результат синергетичної дії CO_2 та 1-октен-3-олу виявлений стосовно комарів *Aedes taeniorhynchus* Wiedemann, *Anopheles spp.*, *Wyeomyia mitchellii* Theobald, *Culicoides furens* Poey, *Diachlorus ferrugatus* Fabricius, *Tabanus nigrovittatus* Macq. та *Chrysops spp.* Але відгук на дію цих речовин комарів *Culex spp.* був значно слабшим [77].

Леткі речовини грибів відіграють важливу роль у захисті від шкідників.

Зокрема, додавання суміші основних летких сполук плодових тіл *Pl. ostreatus* (3-октанону, 3-октанолу, 1-октен-3-олу, бензальдегіду, 1-октанолу

та бензойної кислоти) до культурального середовища для вирощування 8 видів бактерій призвело до повного гальмування їх росту, тобто ці сполуки мали сильно виражену антибактеріальну дію [27].

В експерименті [9] продемонстрована активність 1-октен-3-олу проти бананового слимака *Ariolimax columbianus* Gould. У досліді використовували свіжі плодові тіла *Clitopilus prunulus* (Scop.: Fr.) Kummer, вміст 1-октен-3-олу в яких досягав 28 мг/г, та листя салату айсберг, обробленого розчином 1-октен-3-олу у кількості 8,3, 83,0 та 830,0 мг/л. Біологічні дослідження виявили відмову слимаків від споживання продуктів, які містили 1-октен-3-ол.

Використовуючи метод аерозольної експозиції, проведено дослідження впливу 1-октен-3-олу, (Е)-2-гексеналю та 1-гексанолу на проростання спор та ріст колоній *Aspergillus niger* Tiegh. та *Penicillium chrysogenum* Thom, а також на морфогенез *Drosophila melanogaster*. Використання цих речовин у концентрації 50 мг/кг призвело до зменшення числа колонієутворюючих одиниць та зниження радіального росту колоній грибів у порівнянні з контролем. Також відмічено, що енантіомер (R)-(-)-1-октен-3-ол мав найбільший вплив на морфологію колонії (знижував споруючість та діаметр колоній), порівняно з (S)-(+)-1-октен-3-олом та їх рацемічною сумішшю. Личинки дрозофіли, що піддалися дії парів цих оксипінів, виявили серйозні затримки у метаморфозі та токсичний вплив на лялечки та стадії дорослої форми [78].

У інших роботах доведено, що 1-октен-3-ол інгібував проростання спор *Lecanicillium fungicola* (Preuss) Zare & W. Gams – цвілевого гриба, який є одним з найбільш поширених патогенів їстівних грибів та викликає вертицильоз печериць. Експозиція 1-октен-3-олу протягом перших 5 діб культивування *A. bisporus* була ефективною у контролі за захворюваністю на вертицильоз [8].

Дослідження [79] показали, що 1-октен-3-ол мав незначний вплив на мембрану клітин *Penicillium paneum* Frisvad, але він порушував важливі обмінні процеси, пов'язані з набуханням та проростанням конідій.

При збільшенні концентрації 1-октен-3-олу з 1 до 5 мМ у живильному середовищі для проростання спор спостерігалось зниження ефективності

проростання з 83 до 1 %. У контрольному середовищі ефективність проростання спор становила 88 % [80].

Відмічено, що 1-октен-3-ол та 10-оксо-транс-8-деценава кислота – продукти ферментативного розщеплення лінолевої кислоти – інгібували міцеліальний ріст *Penicillium expansum* Link PP497A у концентрації більше 1,25 мМ при вирощуванні на картопляному декстрозному агарі. Інгібуюча дія також залежала від рН середовища. Так, при рН 3,5 обидві сполуки виявляли більшу інгібуючу дію на ріст гриба, ніж при рН 5,6 [81].

За даними дослідників, експозиція 1-октен-3-олу у концентрації більше 0,01 ppm значно знижувала агрегаційну здатність *Proisotoma minuta* Tullberg – найчисленнішої групи комах-шкідників агарикових грибів. Вчені пропонують використовувати цей спирт як репелент по відношенню до комах-ногохвісток [82].

У польових експериментах з використанням 1-октен-3-олу як репелента для жуків *Ips pini* Say виявлено, що додавання 1-октен-3-олу у поєднанні з іпсдієнолом (агрегаційним феромоном *I. pini*) у пастки для жуків призводило до значно меншого захоплення у пастки жуків, порівняно з контрольними, які містили лише феромон. Цей результат говорить про те, що сполука потенційно відштовхувала і переривала реакцію жуків-короїдів на дію агрегаційного феромону [83].

Запашні речовини, які утворюють плодові тіла та міцелій грибів, можуть мати безпосередній вплив на процеси розвитку грибів, які їх виробляють, та виконувати важливі фізіологічні функції. Так, деякі C₈ леткі органічні сполуки *A. bisporus*, особливо 1-октен-3-ол, здатні інгібувати утворення примордіїв, тому повітрообмін є важливою умовою культивування грибів [84].

Показано [85], що профіль летких речовин змінюється також при міжвидовій взаємодії грибів та може бути пов'язаний з пігментацією, що доведено при спільному вирощуванні двох видів дереворуйнівних базидіоміцетів *Hypholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm. та *Resinicium bicolor* (Alb. & Schwein.) Parmasto.

Грибні леткі запахні сполуки, безумовно, розвиваються з адаптивних причин, полегшують взаємодію у наземних середовищах, слугують сигналами розвитку, допомагають у відтворенні, залучають та відштовхують інші організми та мають багато інших функціональних властивостей [7].

1.6. Біологія грибів роду *Pleurotus*

1.6.1. Загальна характеристика грибів роду *Pleurotus*

Рід *Pleurotus* вважається одним з найважливіших родів їстівних грибів, є другим найбільш важливим комерційним грибом у світі [3]. Це, головним чином, обумовлене високою поживною цінністю та лікарськими властивостями представників цього роду [86].

Згідно з он-лайн базою даних MycoBank Міжнародної мікологічної асоціації [87] рід *Pleurotus* займає систематичне положення:

Царство: Гриби (*Fungi*)

Підцарство: Вищі гриби (*Dikarya*)

Відділ: Базидіомікотові гриби (*Basidiomycota*)

Підвідділ: *Agaricomycotina*

Клас: Агарикоміцети (*Agaricomycetes*)

Підклас: *Agaricomycetidae*

Порядок: Агарикальні (*Agaricales*)

Родина: Плевротові (*Pleurotaceae*)

Рід: Плеврот (*Pleurotus*)

За останніми даними, описано понад 70 видів роду *Pleurotus*, які мають велике різноманіття морфологічних форм. У промислових обсягах культивуються *Pl. ostreatus*, *Pl. florida*, *Pl. sajor-caju*, *Pl. citrinopileatus*, *Pl. pulmonarius*, *Pl. eryngii*, *Pl. cystidiosus*, *Pl. sapidus*, *Pl. abalones*, *Pl. salmoneostramineus*, *Pl. ferulae* [88].

1.6.2. Характеристика виду *Pleurotus ostreatus*

Вид *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. має декілька синонімічних назв в українській мові: глива черепичаста, глива звичайна, плеврот черепчастий, плеврот звичайний, гливичка звичайна, дуплянка їстівна, глива листочна, калічка [89].

Pl. ostreatus є грибом-космополітом, зустрічається на всіх континентах земної кулі, окрім Антарктиди [90]. У природі глива росте групами на стовбурах мертвих або відмираючих листяних, рідше хвойних, дерев та пеньках. Утворює зростки до 30 плодових тіл вагою 2-3 кг [89]. Шапинка 4-15 см у діаметрі, опукла, гладка, від світло-коричневого до темно-коричневого кольору. Ніжка 2-8×2-3 см, рудиментарна та латеральна (або відсутня), білого кольору, щільна. М'якоть біла, соковита, з віком стає жорсткуватою та волокнистою, з грибним або солодкуватим запахом та м'яким і приємним смаком [91, 92].

За споживчими якостями, згідно ДСТУ 7786:2015 [93], при промисловому культивуванні *Pl. ostreatus* плодові тіла повинні мати наступні характеристики:

- *зовнішній вигляд*: плодові тіла свіжі, м'ясисті, цілі, чисті, пружні, без грубої волокнистої м'якоті, сухі або природно вологі, здорові, з обережно підрізаною ніжкою, не підморожені. Зросток зрізаний без залишків субстрату. Допустиме незначне відхилення форми, кольору, невеликі плями на поверхні, поодинокі тріщинки та розриви на шапинці. Неприпустима наявність плям зеленого, чорного, жовтого та інших кольорів;
- *зabarвлення*: поверхня шапинки біла, кремова, коричнева, сіра різних відтінків, жовта, рожева, властива ботанічному сорту. Ніжка та пластинки білі. М'якоть грибів біла, на зрізі світло-сіра;
- *запах та смак*: характерний для свіжих грибів, без сторонніх запаху та смаку;
- *розмір грибів*: діаметр шапинки – 3,0-13,0 см; довжина ніжки від місця прикріплення шапинки – не більше 10,0 см.

При вирощуванні у штучних умовах *Pl. ostreatus* є невибагливим грибом, не потребує спеціальних компостів, має високу швидкість росту міцелію. Щорічно у світі вирощується понад 200 тис. тон плодових тіл цього виду гриба [94].

Вид *Pl. ostreatus* характеризується великим штамовим різноманіттям. У колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України зберігається 132 штами цього виду грибів, більшість з яких була виділена з природного матеріалу, зібраного на території України, Росії, Білорусі, Чехії, Ізраїлю, США [95].

1.6.3. Хімічний склад грибів *Pleurotus ostreatus*

У залежності від штаму та умов культивування існують якісні та кількісні відмінності у хімічному складі грибів *Pl. ostreatus*, але, в основному, вони мають високий вміст протеїнів, клітковини, вуглеводів, мінералів та вітамінів, а також низький вміст ліпідів [96].

Протеїни плодових тіл та міцелію гливи звичайної складають 16-42 % від сухої маси та містять всі 18 амінокислот, що входять до формули збалансованого харчування, з яких особливу цінність мають незамінні: лізин, треонін, валін, триптофан та тирозин [97]. Одночасно з низьким вмістом ліпідів (0,5-5,0 % від сухої маси) у плодових тілах *Pl. ostreatus* присутні поліненасичені жирні кислоти (понад 69 % від загальної фракції жирних кислот) [67], серед яких переважають лінолева, олеїнова та пальмітинова [96].

Вуглеводи *Pl. ostreatus* представлені переважно полісахаридами, такими як глікоген та неперетравлювані форми харчових волокон – хітин, α - і β -глюкан та інші геміцелюлози (маннани, ксилани, галактани) [96], що складають грибну клітковину (21,8-27,4 % від сухої маси) [98]. Вона є оздоровчим фактором у харчуванні людини, покращує роботу кишечника, сорбує та виводить з організму шлаки, іони важких металів, канцерогени та радіонукліди [97].

Серед найважливіших незамінних функціональних мікронутрієнтів у харчуванні людини основне місце займають вітаміни. Плодові тіла *Pl. ostreatus* містять аскорбінову кислоту; вітаміни групи В: тіамін, рибофлавін, ніацин, піридоксин, пантотенову та фолієву кислоти; ергостерол, кальциферол, токоферол [99, 100].

Вміст мінеральних речовин у плодових тілах *Pl. ostreatus* складає від 2 до 10 % сухої маси. Серед понад 30 ідентифікованих мінеральних елементів до 60-70 % представлені важливими у харчуванні людини макроелементами – калієм, фосфором, натрієм, кальцієм та магнієм [100, 101]. Також у їстівних грибах, в тому числі і у *Pl. ostreatus*, багато мікроелементів, серед яких і дефіцитні у харчуванні людини ферум (120-156 мг/кг), кобальт (0,01-0,08 мг/кг), молібден (0,04-0,35 мг/кг) та селен (0,3-0,67 мг/кг), які входять до складу коферментів більшості ферментів біохімічних реакцій організму [98, 102].

Велика кількість досліджень науковців усього світу свідчить про широкий спектр біологічної активності *Pl. ostreatus*, який знаходить біотехнологічне застосування у медицині та є перспективним лікарським грибом [103, 104].

Відмічено, що екстракти *Pl. ostreatus* мають антибактеріальні [104-109], протигрибкові [110-112], противірусні [113, 114] властивості, підвищують антиоксидантний статут організму [108, 115-119], виявляють протипухлинну [96, 97, 120-124] та імуномодельную [96, 125-128] активність, сприяють зниженню рівня холестерину у крові [89, 96, 129-132], мають гіпоглікемічну [133-137], протизапальну [138-140] та гепатопротекторну [97, 141, 142] дію.

1.7. Характеристика субстратів для культивування грибів роду *Pleurotus*

У живленні гетеротрофів, до яких відносяться і вищі гриби, головну роль відіграють органічні сполуки, які містять карбон і нітроген. Карбонвмісні речовини приймають участь в асиміляційних процесах у грибній клітині та є джерелом отримання енергії. Крім того, сполуки карбону є складовою частиною

запасних поживних речовин, необхідних для росту та розвитку міцелію грибів, а також ферментів, які регулюють біохімічні процеси в організмі.

Сполуки, які містять нітроген, є основою білків та нуклеїнових кислот, відіграють важливу роль в обміні речовин у грибів. Гриби засвоюють нітроген у формі неорганічних солей (нітрати амонію) або органічних азотних сполук (амінокислоти, протеїни, пептиди, сечовина) [143].

Як субстрати для вирощування грибів роду *Pleurotus* можуть використовуватися різноманітні матеріали, що містять целюлозу, геміцелюлозу та лігнін [144], такі як сільськогосподарські відходи та відходи лісопереробної промисловості: різні види соломи (пшенична, житня, вівсяна, рисова, ячмінна), кукурудзяні стебла та стрижні, солома та лушпиння насіння бавовни, жом, стебла та листя цукрової тростини, кавова пульпа, деревна стружка та тирса різних порід дерев, бананове листя, соєві відходи, побічні продукти виробництва паперу та пальмової олії, відходи агави, лушпиння маніоки та ін. [145-151]. З кожним роком розширюється діапазон субстратів, які також є придатними для культивування грибів. Зокрема, показана можливість використання кокосових залишків [150], відходів від виробництва чаю та кави [152, 153], соломи часнику [154], стебел сорго [151, 155], листя фінікової пальми [156] та інших нетрадиційних субстратів.

Використання різноманітних субстратів у різних частинах світу залежить від вирощуваних сільськогосподарських культур. Суміші різних видів лігноцелюлозних субстратів позитивно впливають на врожай, ріст міцелію та швидкість формування плодових тіл грибів [157].

Взагалі, за кількістю субстратів, на яких культивують гливу, вона не має собі рівних [158].

Окрім вмісту у субстраті основних нутрієнтів, важливу роль у процесах росту міцелію та формування плодових тіл грибів відіграє співвідношення карбон: нітроген (C:N) [156]. Різні види грибів потребують субстратів з різним значенням цього показника [159].

Співвідношення C:N, отримане хімічним аналізом грибних клітин, становить приблизно 10:1, але карбон у складі субстрату використовується для утворення енергії та виділяється у вигляді CO₂. Таким чином, вважається, що для росту грибів співвідношення C:N у субстраті має становити не менше 20:1 [159].

Гриби роду *Pleurotus* у природі зростають на деревині, яка має високий вміст лігніну та низький вміст нітрогену. Деревні тканини містять 0,03-1,0 % нітрогену, співвідношення C:N більшості з них знаходиться у межах від 350:1 до 500:1. Дереворуйнівні гриби є унікальними через свою здатність зростати на таких субстратах, вони можуть метаболізувати велику кількість вуглеводів, а також лігнін, при наявності дуже низького вмісту нітрогену [159].

Але при культивуванні грибів на відходах сільського господарства (соломі, лушпинні та ін.) співвідношення C:N у субстраті зазвичай складає від 30:1 до 60:1 [160]. При вирощуванні на тирсі відзначається нижча врожайність, порівняно з соломою злаків, що обумовлене, на думку дослідників, низьким вмістом нітрогену у відходах від переробки деревини [161].

Основними субстратами для культивування грибів роду *Pleurotus* на території України є соняшникове лушпиння, солома злакових та тирса листяних і хвойних порід дерев.

Соняшник є однією з основних сільськогосподарських культур [162] та головною олійною культурою в Україні. Лушпиння, яке відділяють від насіння у процесі його підготовки до вилучення олії, являє собою здерев'янілу рослинну тканину, однорідну за фізичною структурою, з постійним хімічним складом та фізико-механічними властивостями. Зовні лушпиння соняшника є лусочками чорного кольору, має специфічний, але не різкий запах [163]. Частки лушпиння мають довжину 4-8 мм, ширину 1,5-3 мм. Об'ємна маса лушпиння 85-145 кг/м³ при гігроскопічній вологості 16 % [147].

Кількість соняшnikового лушпиння при промисловій переробці насіння соняшника становить значну частину – 17-20 % до маси насіння [164].

Основні органічні макронутрієнти соняшnikового лушпиння представлені вуглеводами, ліпідами та протеїнами, вміст лігніну коливається від 20 до 25 %.

Редукуючі цукри є важливою складовою соняшникового лушпиння, та налічують понад 25 %. Ліпіди представлені восками, жирними кислотами та спиртами. Такий хімічний склад соняшникового лушпиння робить його сприятливим субстратом для росту лігноцелюлолітичних організмів, особливо таких, як дереворуйнівні гриби [147].

Солома – залишки після обмолочування і відділення стиглого насіння зернових, круп'яних та технічних культур. Співвідношення зернової частини врожаю та незернової (соломи) становить приблизно 1:1, тому річні обсяги утворення соломи близькі до загального виробництва зернових культур в Україні та складають понад 40-50 млн тон на рік [165].

Хімічний склад соломи характеризується високим вмістом клітковини та інших складних вуглеводів, що важко деструкуються, та низьким – нітрогену і мінеральних елементів. Співвідношення C:N може досягати 100:1 [166].

При дослідженні особливостей культивування *Pl. ostreatus* на різних типах солом'яних субстратів відмічено найвищу швидкість процесів росту та розвитку гриба, збільшення загальної врожайності і покращення товарної оцінки плодових тіл на гороховій соломі. Субстрат з пшеничної чи ячмінної соломи характеризувався дещо нижчими технологічними показниками [167].

Деревна тирса є відходом деревопереробної промисловості. Це дрібні частинки, що утворюються при поперечному та поздовжньому розпилюванні круглих лісоматеріалів, пиломатеріалів, при розкрої плит і фанери. Довжина частинок тирси залежить від типу та технологічних параметрів ріжучого інструменту, у результаті роботи якого вони утворюються. Довжина тирси складає 1-5 мм, товщина 1-3 мм [168].

Деревні відходи на 95 % складаються з клітинних оболонок, які містять 44-46 % целюлози, 20-30 % лігніну, 15-17 % геміцелюлози, 13-15 % жирів, смол, воску, білків, а також мінеральні речовини (фосфор, калій, нітроген). Однак деревина має низький вміст нітрогену (0,1-1,2 %) [26]. Відходи хвойних та листяних порід дерев за вмістом органічних речовин мають деякі суттєві

відмінності. Листяні породи містять менше целюлози та лігніну, більше геміцелюлоз [169].

Тирса різних порід дерев є потенційним субстратом для культивування грибів у тропіках. Наприклад, дослідження росту *Pl. sajor-caju* на тирсі тропічних дерев манго (*Mangifera indica* L.), червоного дерева (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), індійського хлібного дерева (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), тікового дерева (*Tectona grandis* L. f.) та дерева саман (*Albizia saman* F. Muell.) показало найвищі показники врожайності на тирсі дерева манго [170].

Твердофазне культивування *Pl. ostreatus* на відходах хвойних порід дерев – корі, тирсі, гілочках – також є можливим, але швидкість росту гриба та врожайність є нижчою, ніж при вирощуванні на соломі злакових або на сумішах тирси та соломи [171].

Культивування *Pl. eryngii* на рослинних відходах лісопереробки, до яких входить деревина хвойних порід та хвоя після екстракції олій перегрітою водяною парою показало високу здатність цього гриба рости на різних субстратах, що дозволяє використовувати відходи деревопереробки без ретельного розділення на породи [172].

Кукурудза – одна з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі, в тому числі й в Україні. Незерновою частиною врожаю кукурудзи є, головним чином, стебло та стрижні [165].

Відходи кукурудзи містять значну кількість безазотистих екстракційних речовин і меншу кількість лігніну [173].

Хімічний склад сировини залежить від виду рослин, клімату, способів збирання, обмолоту, зберігання й інших чинників. Аналіз літературних даних [144, 146, 147, 162-165, 168, 169, 174-179] щодо хімічного складу різних типів целюлозовмісних відходів представлений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Хімічний склад різних типів целюлозовмісних відходів за [144, 146, 147, 162-165, 168, 169, 174-179]

Вид сировини	Вміст, %						
	Полісахариди, що легко гідролізуються (геміцелюози)	Полісахариди, що важко гідролізуються (целюлоза)	Лігнін	Зольні речовини	Протеїни	Ліпіди	C:N
Соняшникове лушпиння	21,5-28,0	27,0-42,4	24,8-29,6	1,3-4,6	3,4-4,0	3,0-5,8	54:1–73:1
Солома ячменю	27,1-44,0	32,3-45,8	11,0-18,2	1,4-5,0	2,3-7,4	1,4-2,0	40:1–100:1
Відходи кукурудзи	33,6-40,7	33,5-43,3	11,9-13,9	0,9-2,5	4,2-5,5	0,7-2,7	34:1–60:1
Деревна тирса	15,0-26,0	37,0-46,0	20,0-30,0	0,2-0,9	0,1-1,2	0,2-0,5	250:1–500:1

Аналіз даних таблиці 1.2 свідчить про те, що соняшникове лушпиння та тирса мають нижчий вміст полісахаридів, що легко гідролізуються (легкозасвоюваних), одночасно з вищим вмістом лігніну порівняно із соломою ячменю та відходами виробництва насіння кукурудзи. Також слід відзначити більш високий вміст ліпідів у соняшковому лушпинні порівняно з іншими субстратами.

Окрім джерел карбону та нітрогену, грибам необхідні численні мінеральні елементи. Найважливіші серед них – фосфор, сульфур, калій, магній, мікроелементи. Ці речовини засвоюються грибами, в основному, у вигляді солей [143].

Мінеральні речовини, особливо іони металів, відіграють важливу роль у фізіології живлення грибів, що обумовлене високим біологічним значенням ферментних систем, які їх містять. Мікроелементи беруть участь у численних біохімічних процесах, пов'язаних з різними катаболічними й анаболічними реакціями [180].

Кальцій є життєво необхідним елементом для росту грибів [181], підтримання цілісності клітинних мембран та регуляції проникності мембран для багатьох іонів [182]. Він приймає участь в утворенні аппресорій, розгалуженні гіфів та цитоплазматичному русі [183]. Градієнт іонів Ca^{2+} відіграє регуляторну

роль у процесах верхівкового росту гіфів грибів [184]. Нерідко кальцій слугує нейтралізатором надлишку органічних кислот, які утворюються у процесах обміну грибів. Він також є коферментом деяких гідролаз, наприклад α -амілази, та гідролаз циклічних полісахаридів [185].

Магній також необхідний для життєдіяльності грибів. Він є активатором більше 300 ферментів, приймає участь у багатьох метаболічних процесах, включаючи перетворення білків, ліпідів, вуглеводів та нуклеїнових кислот, а також в електролітному транспорті речовин крізь клітинну мембрану. Метаболічні процеси, такі як гліколіз, цикл Кребса, β -окиснення, активний транспорт іонів та електрохімічні взаємодії регулюються Mg-залежними ферментами. Основний напрям дії магнію – активація ферментів, відповідальних за формування, зберігання та використання високоенергетичних сполук. Всі реакції, у яких задіяна АТФ, вимагають присутності іонів магнію [186]. За участі магнію у клітинах грибів здійснюється фосфорилювання та перенесення енергії фосфорних зв'язків з однієї сполуки на іншу (фосфокінази), синтези з переміщенням карбонвмісних фрагментів (трансферази), відщеплення H_2PO_4^- (фосфатази), конденсація молекул шляхом фосфорилювання (синтетази). Інші ферменти також діють за участі магнію (мутази, ізомерази, ліази, редуктази) [185].

Іони магнію важливі для підтримання клітинного гомеостазу, оскільки вони необхідні для стабілізації клітинних мембран, для активації натрієво-калієвого та кальцієвого насосів, а також у регуляції складу внутрішньо- та позаклітинної рідини [187].

Ферум має важливе значення для росту та розвитку організмів, проліферації клітин, приймає участь у процесах перенесення електронів завдяки своїм біохімічно доступним валентним станам [188].

Гриби здатні засвоювати ферум у різноманітних формах: у вигляді вільних іонів, хелатів з низьким рівнем спорідненості, трансферину, гему та гемоглобіну. Відповідно, існують різноманітні системи поглинання феруму, деякі з яких є унікальними для грибів, а деякі також присутні у рослинах та тваринах [189].

Ферум необхідний для утворення комплексів різних сполук з ним, які відіграють важливу роль у живленні грибів, детоксикації проміжних метаболітів [190]. Ферум як кофактор входить до складу ферментів каталази, пероксидази, цитохромів *b* і *c*, цитохромоксидази та цитохромпероксидази, активує інші ферменти та відіграє роль у формуванні просторової структури білків, що приймають участь у важливих біохімічних реакціях у клітині [185]. Fe-залежні ферменти задіяні майже в усіх основних процесах, які відбуваються у клітинах: циклі трикарбонових кислот, диханні, трансляції, реплікації та репарації ДНК, метаболізмі ксенобіотиків, транспорті кисню, утворенні антибіотиків та інших речовин. Вони необхідні для синтезу основних органічних сполук клітини: ліпідів (оксистиролів, ненасичених жирних кислот, гідроксильованих сфінголіпідів), протеїнів, нуклеїнових кислот [191].

Ферум (II) входить до складу ліпоксигеназ – родини негемових ферумвмісних діоксигеназ, які каталізують окиснення ненасичених жирних кислот з утворенням їх гідропероксидів [192]. Ця реакція є ключовим етапом ліпоксигеназного шляху утворення летких запашних сполук, таких як 1-октен-3-ол, грибами [47].

Манган – не менш важливий елемент для фізіології грибів. Він абсолютно необхідний для функціонування наступних ферментів: оксидоредуктаз, трансфераз, гідролаз, ліаз, ізомераз та лігаз [193]. Як кофактор він входить до складу ферментів, що каталізують гідролітичні й окисно-відновні реакції. Серед цих ферментів важливе значення мають Mn-залежна супероксиддисмутаза, різні каталази та пероксидази [194]. Манган також відіграє важливу роль в активації багатьох ферментів, наприклад, циклу Кребса та синтезу нуклеїнових кислот [159].

Mn (II) є важливим компонентом у селективній делігніфікації субстратів грибами. При додаванні іонів Mn^{2+} до грибного субстрату підвищується рівень лігнолітичних ферментів та деградація лігніну [195].

Цинк – один з найбільш значущих мікроелементів у живленні грибів. Він залучений у більшість метаболічних шляхів, включаючи метаболізм РНК і ДНК, а також експресію генів. Цинк – єдиний метал, який зустрічається в усіх класах

ферментів [196]. В якості простетичної групи він входить до складу дегідрогеназ, альдолаз, ізомераз, трансфосфорилаз, РНК- та ДНК-полімераз. Цинк приймає участь у синтезі протеїнів, утворенні енергії у клітинах, синтезі нуклеїнових кислот, обміні вуглеводів і ліпідів, утворює комплекси з ДНК та РНК, забезпечуючи їх стабільність [197]. За його впливом включаються у подальший обмін та перетворення в амінокислоти багато окси- та кетокислот [185].

Купрум є також необхідним для росту і розвитку грибів мікроелементом. Він відіграє роль в обміні тирозинази, яка, ймовірно, приймає участь в енергозабезпеченні грибів. Купрум входить до складу лаккази, оксидази аскорбінової кислоти, оксидази цитохрому *a₃*, уратоксидази та сприяє відновленню нітратів. У грибів купрум впливає на спороутворення та пігментацію спор [185].

Іони Cu^{2+} регулюють транскрипцію гену лаккази, яка відноситься до лігнолітичної системи дереворуйнівних грибів, та відповідають за активність і стабільність цього ферменту [198].

Селен є мікроелементом, хімічно подібним до сульфуру та телуру. В організмі він зв'язується з білковими молекулами, утворюючи селенопротеїни [199]. Він входить до складу селенометіоніну та селеноцистеїну, які мають каталітичну та антиоксидантну активність [200]. Селен є кофактором ферменту глутатіонпероксидази, яка захищає організм від негативного впливу перекису водню та гідропероксидів жирних кислот, що утворюються у ліпоксигеназному та циклооксигеназному метаболічних шляхах [57, 197], відповідальних за синтез запашних речовин у грибів.

1.8. Шляхи підвищення поживної цінності субстратів для вирощування грибів при твердофазному культивуванні

Походження та поживна цінність субстратів для вирощування грибів впливають на ріст міцелію, врожайність та якість плодових тіл. Тому наявність якісного субстрату є одним з лімітуючих факторів при культивуванні їстівних

грибів [202]. Субстрат високої якості повинен мати збалансований вміст карбону та нітрогену для забезпечення повноцінного росту та плодоношення гриба [148]. У більшості випадків основні субстрати для вирощування грибів (солома, тирса, соняшникове лушпиння) характеризуються низьким вмістом нітрогену, тому потребують добавок [203].

Для підвищення біологічної цінності субстратів при твердофазному культивуванні грибів застосовують різні добавки. Їх джерелами є виноградарство, крохмальопатокве, кондитерське, борошномельне, масложирове, пивоварне виробництва, птахівництво та інші галузі народного господарства [204].

Найбільш розповсюдженими добавками до субстратів при культивуванні грибів є пшеничні, вівсяні, рисові висівки, кокосове, рисове лушпиння, кукурудзяні качани, жом цукрових буряків, сорго, цукрової тростини, соєве борошно, патока, сечовина, молочна сироватка, відходи олійної промисловості, мінеральні речовини та інші. Спектр використовуваних добавок постійно розширюється [155, 202, 203, 205].

Так, у дослідженні [206] показано значний позитивний вплив органічних добавок (пшеничні висівки, житнє збіжжя, соєвий та рапсовий шрот, м'ясо-кісткове борошно) до субстрату при культивуванні *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. на дубовій тирсі на ріст міцелію та біологічну ефективність використання субстрату.

За результатами інших дослідників [207], внесення нітрогенвмісних добавок (пивна дробина, соєвий шрот, солодові ростки) у субстрати для культивування *A. bisporus* позитивно впливало на швидкість росту міцелію, врожайність, товарну якість та біохімічні параметри грибів.

При культивуванні 29 видів вищих їстівних грибів на різних типах альтернативних субстратів було виявлено [208], що соєвий шрот забезпечував найбільш оптимальні умови росту 24 з них. Це автори пояснюють високим вмістом білка, вітамінів групи В, макро- та мікроелементів у шроті, що сприяло

активному росту міцелію більшості грибів у стаціонарній культурі на рідкому середовищі.

При додаванні соєвого борошна у концентрації 2-5 % до основного субстрату при культивуванні *Pl. florida* також відмічено підвищення біологічної ефективності, швидкості лінійного росту міцелію та термінів появи примордіїв [145].

У дослідженні [156] при застосуванні як добавки до субстрату кукурудзяного борошна та пшеничних висівок у концентрації 5 % найбільший позитивний вплив на кількість утворених зростків, врожай та біологічну ефективність *Pl. ostreatus* мало кукурудзяне борошно. Інші науковці відмітили покращення цих параметрів росту при додаванні до субстрату як соєвого шроту, так і пшеничних висівок [157].

Внесення пшеничних висівок у концентрації 15 % до соснової тирси при культивуванні *Pl. ostreatus* сприяло збільшенню врожайності, підвищенню біологічної ефективності використання субстрату та швидкості росту міцелію [209]. Аналогічні результати були отримані при культивуванні *Pl. ostreatus* на відходах кукурудзи з додаванням пшеничних висівок [210].

Відмічено також, що обробка соняшникового лушпиння 25-75 % водним розчином молочної сироватки під час культивування *Pl. ostreatus* підвищувала швидкість утворення плодових тіл та збільшувала врожайність у 5,4 раза [210].

Додавання соєвої олії у концентрації 0,3 % при глибинному культивуванні *Pl. mutilis* сприяло збільшенню виходу біомаси та підвищенню синтезу жирних кислот [211]. Також був відмічений стимулюючий ефект на ріст міцелію *A. bisporus* на агаризованому середовищі при додаванні кунжутної олії у концентрації 1 % [212].

Різноманітні мінеральні добавки, такі як солі фосфору, сульфур, магнію, кальцію, феруму, калію, купруму, цинку, мангану, кобальту, селену, також широко застосовуються у культуральних середовищах для вирощування грибів [213].

Зокрема, у дослідженнях [214], додавання феруму у концентрації 30-60 мг/кг до цукрової тростини підвищувало біологічну ефективність на 15 %, але

практично не впливало на терміни плодоносіння *Pl. ostreatus*. Концентрація до 150 мг/л феруму суттєво не впливала на утворення міцеліальної біомаси при поверхневому культивуванні *Pl. ostreatus* на агаризованому середовищі у чашках Петрі, збільшення вмісту феруму до 175 мг/л інгібувало ріст міцелію, а при концентрації вище 300 мг/л ріст припинявся [215].

За іншими даними, додавання селену у концентрації 1 та 10 мг/л до мальц-агару під час культивування у чашках Петрі стимулювало ріст *Pl. ostreatus* НК-35 [199]. Під час твердофазного культивування *Pl. ostreatus* селен у концентрації 3-20 мг/кг підвищував врожайність плодових тіл [55].

Як показано у роботі [216], концентрація 10^{-5} - 10^{-7} г/л неорганічних сполук селену у живильному середовищі сприяла збільшенню врожайності більшості культивованих базидіоміцетів на 10-30 %, а швидкості утворення примордіїв – на 35-40 %. Натомість вміст селену у концентрації 10^{-2} - 10^{-4} г/л суттєво сповільнював процеси росту.

Інгібуюча дія селену, купруму та цинку на врожайність *A. bisporus* проявлялася при концентрації іонів у середовищі вище 0,8 мМ [217].

Дослідниками відмічено, що додавання мангану до соняшникового лушпиння у вигляді водного розчину MnSO_4 у концентрації $2 \cdot 10^{-3}$ - 10^{-2} % було оптимальним для росту *Pl. ostreatus*, прискорювало ріст міцелію на 13-25 % та підвищувало біологічну ефективність використання субстрату грибом. Концентрація $4 \cdot 10^{-2}$ - $5 \cdot 10^{-2}$ % іонів Mn^{2+} повністю інгібувала ріст на соняшниковому лушпинні, що пояснюється його токсичністю [195].

У дослідженні [218] була виявлена стимулююча дія сульфату купруму у концентрації 50 мг/кг на ріст *Gan. lucidum*, що вчені пов'язали з підвищенням активності лакказ. Концентрація солей купруму та цинку понад 200 мг/кг мала інгібуючий ефект на ріст гриба. Найвища біологічна ефективність при культивуванні *G. lucidum* відмічена при концентрації сульфату купруму 100 мг/кг, а концентрація 50 мг/кг сприяла скороченню терміну плодоносіння. Додавання сульфату цинку у концентрації 25-50 мг/кг мало незначний

стимулюючий ефект на ріст *G. lucidum*. Такі ж концентрації сульфатів Cu та Zn були оптимальними для розвитку міцелію *A. blazei* [33] та *Gr. frondosa* [219].

Відмічено також [220], що концентрація іонів Cu^{2+} вище 1 мМ інгібувала ріст міцелію та знижувала вихід біомаси *Pl. ostreatus* при глибинному культивуванні, але при цьому спостерігалось інтенсивне накопичення ліпідів.

Показано, що додавання сульфату та цитрату купруму у концентрації 4 мг/л до рідкого живильного середовища при культивуванні лікарського гриба *Trametes versicolor* (L.) Lloyd сприяло збільшенню виходу біомаси, підвищенню вмісту в ній сирого протеїну, накопиченню зольних елементів, зменшенню кількості загальних вуглеводів та вмісту лінолевої кислоти, а також підвищенню синтезу олеїнової кислоти [221].

В іншій роботі найшвидший ріст міцелію та розвитку примордіїв *Pl. tuberregium* був відмічений на субстраті з додаванням сульфату купруму у концентрації 2 г/250 г субстрату (0,8 %) [222].

У дослідженні [223] щодо впливу сульфатів магнію, мангану, феруму, цинку та купруму на ріст міцелію *Pl. ostreatus* при культивуванні на агаризованому середовищі був виявлений найбільший стимулюючий ефект солей магнію та мангану (II) у концентрації 10^{-4} - 10^{-5} мг/мл. При збільшенні концентрації солей від 10^{-3} до 10^{-2} мг/мл спостерігався нерівномірний ріст та зменшення щільності міцелію. А концентрація солей металів 10^{-1} мг/мл призводила до повного інгібування росту міцелію, нещільні колонії мали пігментні плями, ледь помітні гіфи. Також зазначається, що додавання до середовища мінерально-поживного комплексу, який містив солі зазначених металів у концентрації 10^{-3} - 10^{-4} мг/мл, сприяло підвищенню швидкості росту у 1,2 раза.

У роботі [224] визначено, що добавка іонів Mn^{2+} у концентрації 0,5-2,0 мМ до середовища культивування *L. edodes* значно прискорювала появу коричневої міцеліальної плівки на субстраті, а термін стадії плодоношення скорочувався майже вдвічі.

Таким чином, аналізуючи вплив різних добавок органічного та мінерального походження на культурально-морфологічні показники росту та продуктивність їстівних грибів в умовах штучного вирощування, можна припустити, що вони впливають і на утворення запаху грибів.

Незважаючи на те, що в останні роки за допомогою сучасних методів хімічного аналізу, таких як вископродуктивна рідинна хроматографія, газова хроматографія у поєднанні з мас-спектрометрією, ультрафіолетова та інфрачервона спектроскопія, ЯМР-спектроскопія та аналіз ДНК-послідовностей з плодових тіл та міцелію грибів виділено та ідентифіковано понад 250 летких сполук, які приймають участь у формуванні характерного аромату грибів, багато проблем ще потребують вирішення.

Аналіз літературних джерел показав, що серед цих проблем превалюють наступні:

- недостатньо досліджене зниження запашних властивостей грибів при їх інтенсивному культивуванні;
- не встановлено, чи пов'язано зниження запашних властивостей грибів лише з дефіцитом певних елементів живлення у субстратах і яких саме, чи обумовлене фізичними факторами навколишнього середовища;
- не повністю розкриті можливі метаболічні шляхи утворення запашних сполук грибів та ферментні системи, які задіяні у їх біосинтезі;
- не адаптований для аналізу запашних властивостей їстівних грибів органолептичний метод, який дозволяє швидко та наочно охарактеризувати споживчі якості даного продукту харчування;
- не визначено за допомогою високочутливих методів дослідження вплив субстратів різного хімічного складу, мінеральних, органічних та комплексних добавок до субстратів, а також умов культивування, на запашні властивості плодових тіл промислових штамів їстівних грибів;
- не вивчена можливість керування процесом отримання плодових тіл грибів з визначеним або нетрадиційним ароматом (наприклад, солодким,

квітковим, м'ясним, рибним чи іншим) шляхом підбору компонентного складу субстрату для культивування або добавок до нього.

Вирішенню цих проблем і присвячена дана дисертаційна робота.

Публікації за матеріалами розділу 1:

Власенко Е. Н. Ароматные соединения грибов и возможные пути их биосинтеза. *Современная микология в России*. 2015. Т. 5. С. 166-168.

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Аналіз механізмів утворення ароматичних речовин вищих грибів. *Біотехнологія XXI століття* : тези доп. VIII Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 200-й річниці з дня народження Т. Г. Шевченка, 25 квітня 2014 р. Київ: 2014. С. 21.

Vlasenko E. N., Kuznetsova O. V. Biosynthesis of volatiles by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. mushrooms on substrates enriched with vegetable oils. *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11, No 3. P. 56-68. doi: 10.15407/biotech11.03.056.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Матеріали досліджень

Матеріалами досліджень були виробничі штами *Pleurotus ostreatus* (Jack.) P. Kumm. (табл. 2.1), отримані з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України [95].

Таблиця 2.1. Досліджувані штами *Pl. ostreatus* із колекції культур ІВК [133]

Номер штаму	Походження штаму
549	Ізольований з культивованих плодових тіл (Italspawn, P24), 1995 – високоврожайний штам з високою швидкістю утворення плодових тіл, може плодоносити у широкому діапазоні температур від 6 до 26 °C
550	Ізольований з культивованих плодових тіл (Italspawn, P20), 1995 – високоврожайний штам, стійкий до складу повітря та інтенсивності освітлення, плодоношення відбувається за температури 12-25 °C
551	Ізольований з культивованих плодових тіл (Sylvan, НК-35), 1995 – високоврожайний штам з рівномірним плодоношенням, без різких спадів, не вимогливий до інтенсивності освітлення, гриби найвищої якості ростуть при температурі 10-16 °C
1535	Ізольований з культивованих плодових тіл (USA, Texas, San Antonio, TX-2), 1997 – високоврожайний штам, плодоношення відбувається за температури 12-25 °C
1543	Ізольований з культивованих плодових тіл (USA, Texas, San Antonio, TX-3), 1997 – високоврожайний штам, який відрізняється стійкістю до високої температури, рекомендована температура плодоношення 15-24 °C
2275	Ізольований з культивованих плодових тіл (Italspawn, P-77), 2012 – дає значні врожаї плодових тіл красивого сірого або сіро-коричневого кольору, які мають щільну консистенцію та добре зберігаються при заморожуванні

2.2. Схема етапів дисертаційної роботи

На рисунку 2.1 зображена загальна схема основних етапів дисертаційної роботи та послідовність їх виконання.

2.3. Твердофазне культивування грибів

Культивування штамів *Pl. ostreatus* здійснювали інтенсивним способом [91], який включав наступні етапи:

- отримання робочих культур штамів *Pl. ostreatus*;
- отримання посівного міцелію штамів *Pl. ostreatus*;
- твердофазне культивування штамів *Pl. ostreatus*.

2.3.1. Отримання робочих культур штамів *Pl. ostreatus*

Робочі культури штамів *Pl. ostreatus* отримували шляхом пересіву музейних культур на поверхню скошеного ущільненого солодового середовища у пробірках ($d = 20$ мм) з подальшою інкубацією при температурі 26 ± 1 °C та вологості 60-70 % протягом 7-10 діб до повного заростання поверхні середовища міцелієм (рис. 2.2).

Інкубацію робочих культур, посівного та субстратного міцелію проводили у термостаті електричному ТВ3-25.

Ущільнене середовище виготовляли на основі житнього солоду (10 %), який запарювали водою (температура 90-100 °C), настоювали протягом 2 годин, фільтрували через марлевий фільтр, рН встановлювали на рівні $6,4 \pm 0,1$ за допомогою 10 %-го розчину КОН. Вимір рН здійснювали потенціометричним способом на іонімірі універсальному ЭВ-74. До живильного середовища додавали агар у кількості 2 % та стерилізували при температурі 121 °C ($1,1 \pm 0,1$ атм.) 30 хвилин.

Живильні середовища та субстрати стерилізували автоклавуванням за допомогою стерилізатора парового DGM-200S.

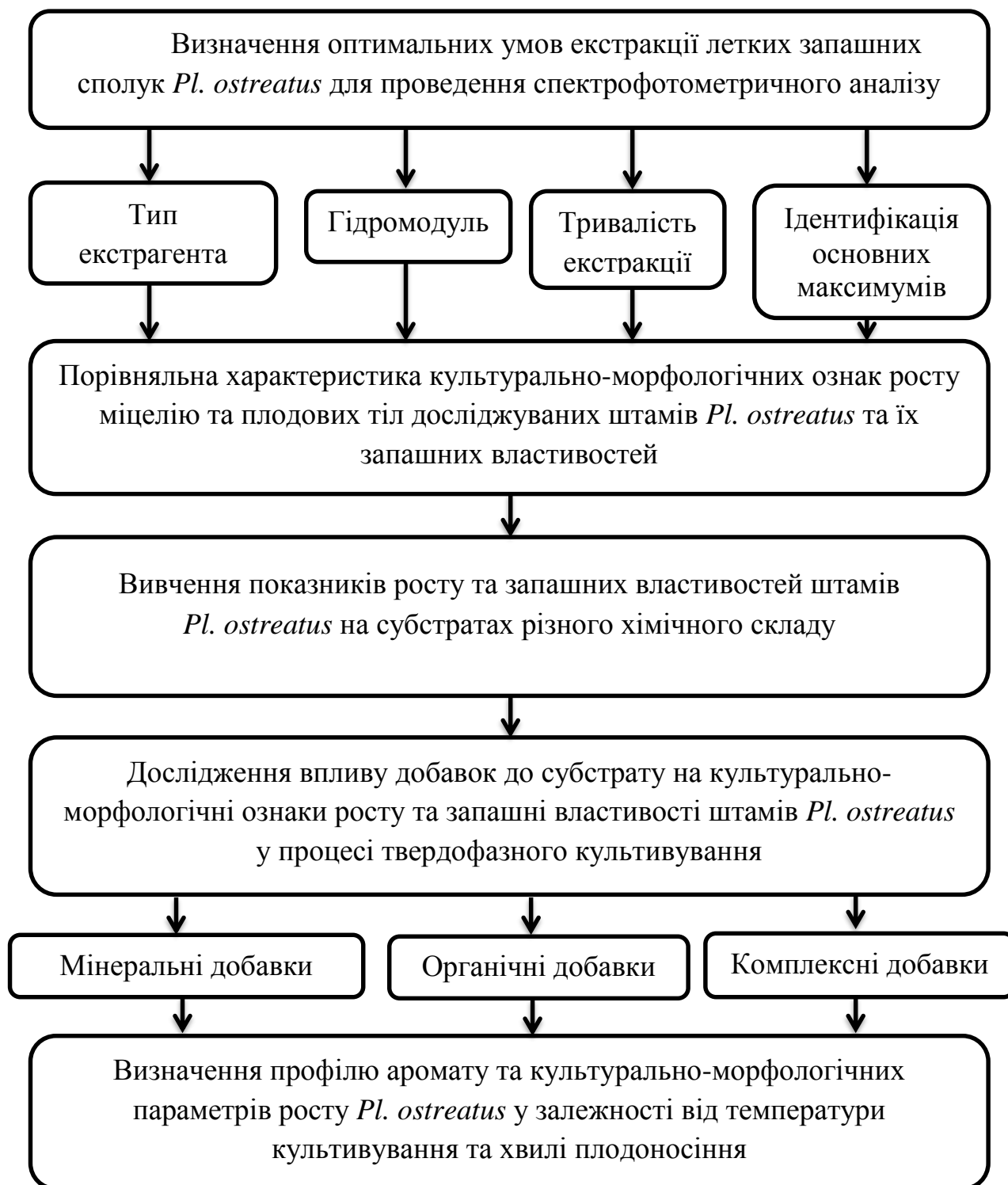


Рис. 2.1. Схема основних етапів дисертаційної роботи



Рис. 2.2. Робочі культури *Pl. ostreatus* на солодовому середовищі

2.3.2. Отримання посівного міцелію штамів *Pl. ostreatus*

Посівний міцелій отримували на зерні ячменю сорту Сталкер згідно [225]. Зерно замочували у насиченому розчині KMnO_4 протягом 2 годин, ретельно промивали водою та відварювали 30-40 хвилин. Частково просушували (до вологості 60-70 %), додавали CaCO_3 у кількості 1 %, розкладали у скляні ємності (рис. 2.3), накривали крафт-папером та стерилізували при температурі $121\text{ }^\circ\text{C}$ ($1,1 \pm 0,1$ атм.) протягом 40 хвилин тричі з інтервалом у 24 години.



Рис. 2.3. Підготовлене до стерилізації зерно ячменю

Після охолодження зерновий субстрат інокулювали подрібненим разом із агаром міцелієм робочої культури у кількості 3-5 % від маси субстрату [226] та інкубували за температури $26 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ та вологості 60-70 % до повного заростання субстрату міцелієм (6-8 діб) (рис. 2.4) у термостаті електричному ТВ3-25.



Рис. 2.4. Посівний міцелій *Pl. ostreatus*

2.3.3. Твердофазне культивування штамів *Pl. ostreatus*

Твердофазне культивування проводили на відходах сільського господарства та лісопереробної промисловості: соняшниковому лущинні (*Helianthus annuus* L., сорт Таурус НС), соломі ячменю (*Hordeum vulgare* L., сорт Сталкер), тирсі листяних порід дерев (*Betula* sp., *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Populus* sp., *Tilia cordata* Mill.) та відходах від переробки насіння кукурудзи (*Zea mays* L., гібрид РАМ 8663).

У ході дослідження нами було запропоновано використання відходів від очищення зерна кукурудзи у якості субстрату для культивування штамів *Pl. ostreatus*. Ці відходи представляють собою світло-коричневого кольору лусочки з сумішшю нестандартного або пошкодженого зерна кукурудзи, подрібненого листя та частинок качанів. Зазначений субстрат був наданий агрокорпорацією «Степова» (Синельниковський район Дніпропетровської області).

Субстрати замочували у насиченому розчині KMnO_4 на 12-24 години. Солому ячменю попередньо подрібнювали до розміру 2-3 см. Потім ретельно промивали та запарювали водою ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) на 1-2 години. Вологість субстратів у всіх варіантах досліду доводили до 70 %, додавали CaCO_3 у кількості 1 %, розкладали у скляні ємності (рис. 2.5), накривали крафт-папером та стерилізували при температурі $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1,1 \pm 0,1$ атм.) протягом 40 хвилин тричі з інтервалом у 24 години.

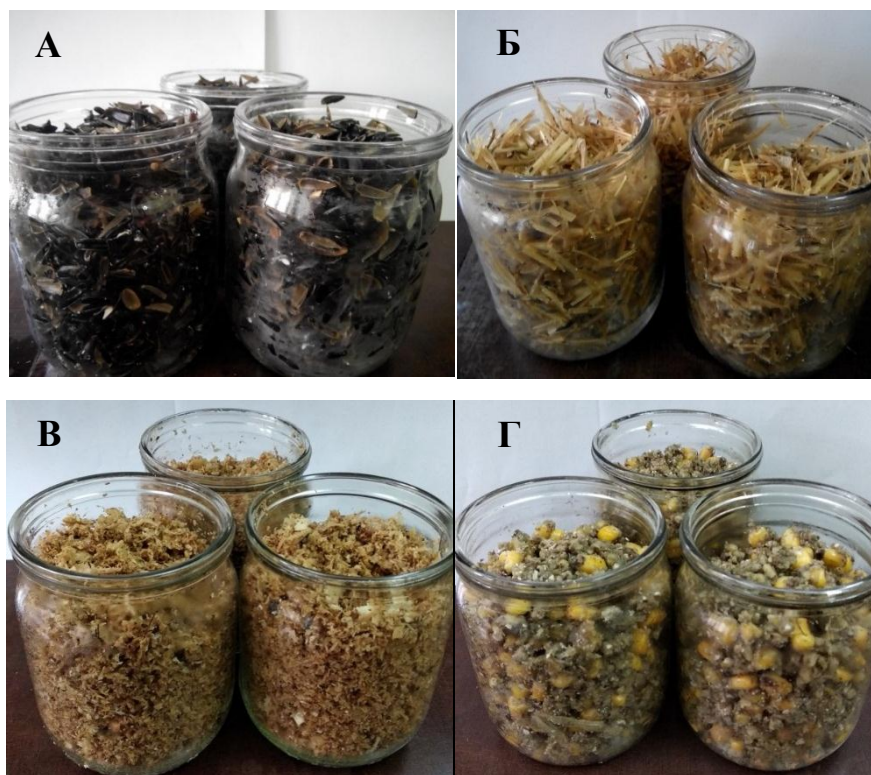


Рис. 2.5. Субстрати для твердофазного культивування *Pl. ostreatus* (А – соняшникове лушпиння, Б – солома ячменю, В – тирса листяних порід дерев, Г – відходи від переробки насіння кукурудзи)

Після охолодження субстрати інокулювали зерновим міцелієм у кількості 5 % від маси субстрату [226] та інкубували за температури 26 ± 1 °С та вологості 60-70 % 6-8 діб у термостаті електричному ТВ3-25. Після повного заростання міцелієм ємності з субстратом переносили у ростову камеру ТКШ-1 «Флора» з температурою 14-16 °С, вологістю 80-90 % та освітленістю 150-200 Лк з фотоперіодом 8 годин [226].

Збирали врожай I та II хвиль плодоносіння. Плодові тіла висушували за температури 40-45 °С [227] у шафі сушильній електричній 2В-151 до вологості 8-10 %.

2.4. Визначення культурально-морфологічних характеристик росту штамів *Pl. ostreatus*

У процесі твердофазного культивування визначали наступні культурально-морфологічні характеристики розвитку міцелію та росту плодових тіл грибів:

- тривалість заростання субстрату міцелієм (доба) – період часу від інокуляції до повного заростання поверхні субстрату міцелієм;
- термін появи примордіїв (доба) – період часу від інокуляції до появи перших примордіїв на поверхні субстрату;
- кількість утворених зростків на одиницю маси (100 г) субстрату (шт.);
- термін збору врожаю I та II хвиль плодоношення (доба) – період часу від інокуляції до збору врожаю I та II хвиль плодоношення;
- вихід плодових тіл за субстратом (г/100 г вологого субстрату) I та II хвиль плодоношення [226].

Кількість утворених зростків на одиницю маси субстрату ($N_{\text{од}}$) визначали по відношенню до маси вологого субстрату за формулою:

$$N_{\text{од}} = \frac{N_{\text{заг}}}{m}, \quad (2.1)$$

де $N_{\text{заг}}$ – загальна кількість зростків, підрахована на всій поверхні субстрату;
 m – маса вологого субстрату в ємності об'ємом 500 см³.

Вихід за субстратом I та II хвиль плодоношення $V_{\text{суб}}$ визначали за формулою:

$$V_{\text{суб}} = \frac{V_{\text{заг}}}{m}, \quad (2.2)$$

де $V_{\text{заг}}$ – врожай свіжих плодових тіл I або II хвиль плодоношення, зібраний з однієї ємності об'ємом 500 см³.

Свіжі плодові тіла зважували на вагах електронних лабораторних FR-N з точністю до 0,1 г.

2.5. Визначення масової частки води у плодових тілах та субстраті

Визначення масової частки води здійснювали методом висушування до постійної маси згідно [228].

Для проведення аналізу порожні алюмінієві бюкси попередньо висушували у сушильній шафі при температурі 105 °С до постійної маси, охолоджували в ексікаторі з силікагелем та зважували з точністю до 0,0002 г на аналітичних вагах.

У бюкси поміщали подрібнену наважку масою 3-5 г, зважували на аналітичних вагах з точністю до 0,0002 г та висушували у сушильній шафі при температурі 105 °С. У процесі висушування бюкси з наважками періодично зважували (після попереднього охолодження в ексікаторі протягом 15-20 хв.). Перше зважування проводили після 2-4 годин висушування, кожне повторне зважування – через 1 годину, а під кінець аналізу – через кожні 30 хвилин. Під час зважування бюкси закривали кришкою, висушували наважки з відкритою кришкою.

Масу досліджуваної наважки, яку висушували, вважали постійною тоді, коли різниця між двома останніми зважуваннями не перевищувала 0,001 г. За кінцевий результат приймали середнє арифметичне трьох паралельних визначень. Розбіжність між паралельними визначеннями за цим методом повинна бути в межах 1 %. Розрахунки здійснювали з точністю до 0,01 %.

Масову частку води (W) у % визначали за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де m_0 – маса порожнього бюкса, г;

m_1 – маса бюкса з наважкою до висушування, г;

m_2 – маса бюкса з наважкою після висушування, г.

2.6. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл *Pl. ostreatus*

Оцінку запаху висушених плодових тіл здійснювали за допомогою сенсорного профільного методу згідно ГОСТ ISO 13299-2015 [229]. Цей метод застосовується при визначенні впливу різних факторів на показники якості досліджуваного продукту, при характеристиці різниці між декількома подібними продуктами, при моніторингу зміни якості продукту при зберіганні [230].

Для проведення сенсорного аналізу плодове тіло І хвилі плодоносіння висушували за температури 40-45 °С у сухожаровій шафі до вологості 8-10 %, відбирали по 1 г кожного зі зразків, подрібнювали, поміщали у скляні флакони з пробками, підігрівали до температури 30-40 °С для кращої емісії запашних речовин [229].

Для проведення профільної оцінки запаху висушених грибів експертна комісія складалася з 5 осіб. Попередньо проводилася підготовка експертів та тестування на здатність розрізняти та запам'ятовувати запахи, ідентифікувалися пороги їх чутливості та сенсорна нюхова пам'ять згідно ГОСТ ISO 6658-2016 [231]. Підготовка також передбачала знайомство з термінологією проведення сенсорного аналізу для забезпечення відтворюваності результатів дослідження.

На першому етапі група експертів визначала основні характерні ноти (визначники, дескриптори, атрибути) запаху досліджуваних зразків продукту та еталонні зразки, які викликають схожі відчуття. Визначення проводили груповим методом. Результати заносили до дегустаційного листа № 1 (додаток А).

На наступному етапі експерти визначали послідовність прояву характерних атрибутів запаху та оцінювали інтенсивність кожного з них. На цьому етапі експерти проводили оцінку індивідуальним методом.

Інтенсивність кожної характерної ноти та загальне враження визначали за допомогою 5-бальної шкали:

0 – ознака відсутня,

1 – ознака лише упізнається або відчувається,

- 2 – слабка інтенсивність,
- 3 – помірна інтенсивність,
- 4 – сильна інтенсивність,
- 5 – дуже сильна інтенсивність прояву ознаки.

Досліджувані зразки оцінювали тричі. Результати заносили до дегустаційного листа № 2 (додаток А).

Отримані дані статистично оброблялися та інтерпретувалися графічно у вигляді пелюсткової діаграми.

При проведенні сенсорного аналізу комісією експертів було визначено наступні атрибути запаху висушених зразків грибів: грибний, солодкий, деревний, трав'янистий, кислий, рибний, м'ясний, земляний, квітковий, гнильний.

2.7. Підбір оптимальних умов екстракції летких запашних сполук *Pl. ostreatus* для проведення спектрофотометричного аналізу

Визначення летких запашних сполук у плодових тілах *Pl. ostreatus* здійснювали методом спектрофотометрії в ультрафіолетовій ділянці спектру [232-235].

Проводили дослідження впливу типу екстрагента, співвідношення наважки висушених зразків плодових тіл до маси екстрагента (гідромодуль) та тривалості процесу екстракції на характер ультрафіолетових спектрів поглинання грибних екстрактів.

При виборі розчинника для приготування розчинів для спектрофотометричного аналізу необхідно враховувати властивості як розчинених сполук, так і самого розчинника [234]. Для проведення спектрофотометрії можна використовувати будь-які розчинники, прозорі у необхідному діапазоні довжин хвиль. Також слід зауважити, що полярні розчинники, наприклад етанол, стирають тонку структуру ліній поглинання [235].

Як екстрагенти використовували полярний розчинник – етиловий спирт та неполярний – гексан. Екстракцію проводили за температури кипіння розчинників.

Етиловий спирт (етанол, етилгідроксид, C_2H_5OH) – органічна сполука, представник ряду одноатомних спиртів. За звичайних умов є безбарвною леткою легкозаймистою рідиною. Температура кипіння – 78,29 °C. Етиловий спирт є гарним розчинником для багатьох органічних, а також неорганічних речовин [236].

Гексан (н-гексан, C_6H_{14}) – насичений вуглеводень, відноситься до класу алканів. Це безбарвна легкозаймиста рідина зі слабким запахом, температура кипіння – 68,73 °C. Як неполярний органічний розчинник використовується для екстракції рослинних олій з насіння та овочів [237].

Для встановлення оптимальної для спектрофотометричного дослідження концентрації летких речовин у грибних екстрактах використовували наважки подрібнених висушених плодових тіл *Pl. ostreatus* IBK-551 масою 0,01; 0,1; 0,2 та 1 г на 10 г розчинника. Гідромодуль складав 1:1000; 1:100; 1:50 та 1:10 відповідно.

Для встановлення оптимального часу для виділення летких речовин зі зразків висушених плодових тіл проводили екстракцію протягом 15, 30 та 45 хвилин за температури кипіння розчинника з подальшим спектрофотометричним дослідженням отриманих екстрактів.

2.8. Екстракція летких запашних сполук

Для виділення летких запашних сполук з плодових тіл грибів здійснювали екстракцію органічними розчинниками [238]. Попередньо плодові тіла I хвилі плодоношення висушували за температури 40-45 °C у сухожаровій шафі до вологості 8-10 %, подрібнювали на електричному млині до порошкоподібного стану. Наважку сировини масою 1 г поміщали в екстрактор, додавали екстрагент у кількості 100 г (гідромодуль складав 1:100). Як екстрагенти використовували полярний розчинник етиловий спирт та неполярний – гексан. Екстракцію

проводили за температури кипіння розчинника протягом 15, 30 та 45 хвилин. Екстракти охолоджували у витяжній шафі, фільтрували через паперовий фільтр на воронці Бюхнера та кількісно переносили у мірну колбу ємністю 250 см³ і доводили об'єм розчину розчинником до позначки.

2.9. Спектрофотометричне дослідження екстрактів *Pl. ostreatus*

Спектрофотометрія в ультрафіолетовій області спектру (абсорбційна) належить до числа стандартних методів, які успішно застосовуються в аналітичних дослідженнях протягом багатьох десятиліть [233]. Спектрофотометрія є інструментом визначень у таких наукових сферах, як аналіз продуктів харчування [239-242], визначення біологічно активних речовин лікарських [243-247], запашних [248-250] та інших [251, 252] рослин, дослідження властивостей диких та культивованих їстівних грибів [232, 253, 254].

Спектри поглинання реєстрували за допомогою однопроменевого спектрофотометра з діодною матрицею СФ-2000.

Джерелом УФ-випромінювання слугувала дейтерієва лампа Hamamatsu (Японія). УФ-спектри поглинання досліджуваних екстрактів реєстрували у кварцових кюветах товщиною 1 см у діапазоні довжин хвиль 200-350 нм за кімнатної температури. У кювету порівняння поміщали чистий розчинник (гексан). Запис оптичної густини розчину проводили з інтервалом 0,5 нм. Приклад реєстрації результатів запису оптичної густини наведений у додатку Б.

Отримані у ході спектрофотометричного дослідження дані оптичної густини використовували для побудови графічного виразу спектрів поглинання досліджуваних грибних екстрактів за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2010.

2.10. Спектрофотометричне дослідження контрольних компонентів летких сполук *Pl. ostreatus*

Аналіз літературних даних показав [19, 25, 27], що переважаючим за вмістом компонентом екстрактів летких сполук *Pl. ostreatus* є ненасичений спирт 1-октен-3-ол. Він містить у своєму складі етиленовий хромофор, який поглинає світло в ультрафіолетовому діапазоні. Тому саме 1-октен-3-ол використовували як контрольний компонент при спектрофотометричному аналізі екстрактів плодових тіл *Pl. ostreatus*.

Для визначення спектру поглинання 1-октен-3-олу використовували хімічно чисту речовину 1-октен-3-ол (ООО «Леко Стайл», Україна), наважку якої розчиняли у гексані. Реєстрували спектр поглинання у діапазоні 200-350 нм.

Для визначення спектру поглинання бензальдегіду використовували хімічно чисту речовину бензальдегід (ООО «Леко Стайл», Україна), наважку якої розчиняли у гексані. Реєстрували спектр поглинання у діапазоні 200-350 нм.

2.11. Характеристика культурально-морфологічних показників росту та запашних властивостей штамів *Pl. ostreatus*

Для дослідження впливу добавок до субстратів та температури культивування на інтенсивність аромату плодових тіл *Pl. ostreatus* проводили відбір штамів, які мають низьку, середню та високу інтенсивність запаху. Для цього здійснювали твердофазне культивування штамів *Pl. ostreatus* IBK-549, IBK-550, IBK-551, IBK-1535, IBK-1543 та IBK-2275 на соняшниковому лушпинні. Збирали врожай I хвилі плодоносіння та робили морфологічну характеристику зразків плодових тіл (визначали тип та форму плодового тіла; положення ніжки; форму, поверхню, колір, розміри та край шапинки; тип гіменофора; форму, довжину, колір ніжки; наявність покривала; стан трами; запах гриба; колір м'якоті; зміну кольору м'якоті при розрізі; екологічну групу гриба згідно [225, 255]). Також

проводили сенсорний профільний аналіз зразків висушених плодових тіл та спектрофотометричне дослідження їх гексанових екстрактів.

2.12. Визначення впливу добавок до субстратів на культурально-морфологічні характеристики росту та запашні властивості штамів *Pl. ostreatus* у процесі твердофазного культивування

Субстратами при проведенні дослідження були соняшникове лушпиння та солома ячменю. Використовували мінеральні, органічні та комплексні добавки до субстратів, які потенційно здатні впливати на формування профілю аромату плодових тіл, є можливими попередниками біосинтезу запашних речовин, входять до складу ферментів метаболічних шляхів або можуть мати опосередкований вплив на їх функціонування. Також добавки обирали з огляду на їх доступність, невисоку вартість, потенційну токсичність для грибів та людини.

Добавки до субстратів додавали перед стерилізацією. Вносили їх у кількості, розрахованій відносно маси вологого субстрату.

Контролем у проведених дослідках були субстрати без добавок.

При проведенні процесу твердофазного культивування визначали культурально-морфологічні характеристики розвитку росту плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, а також проводили сенсорний профільний аналіз запаху та спектрофотометричне дослідження екстрактів зразків висушених плодових тіл.

2.12.1. Мінеральні добавки

Мінеральні добавки додавали до субстратів у вигляді водних розчинів солей CaCl_2 , MgSO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та Na_2SeO_3 у кількості:

Ca: $10^{-2} \%$ та $10^{-3} \%$;

Mg: $10^{-2} \%$ та $10^{-3} \%$;

Fe: 10^{-3} % та 10^{-4} %;

Mn: 10^{-3} % та 10^{-4} %;

Zn: 10^{-4} % та 10^{-5} %;

Cu: 10^{-4} % та 10^{-5} %;

Se: 10^{-5} % та 10^{-6} %.

Вибір концентрацій мінеральних добавок проводили на основі аналізу літературних джерел [195, 217, 218, 220, 223]. Також при виборі концентрацій мінеральних добавок враховували потреби *Pl. ostreatus* в них та їх потенційну токсичність.

Як комплексну мінеральну добавку (КМД) застосовували водорозчинне добриво для овочів, квітів та розсади «Кемира люкс» виробництва «YaraSuomi», Фінляндія у концентрації 10^{-2} % та 10^{-3} %. Добриво є малотоксичним (4 клас небезпеки за [256]). Хімічний склад «Кемира люкс», %: загальний нітроген – 14; фосфор – 11,4; калій – 25; магній – 2,3; сульфур – 13,8; бор – 0,02; купрум – 0,01; ферум – 0,1; манган – 0,1; цинк – 0,01; молібден – 0,002.

Як комплексну органо-мінеральну добавку (А) використовували мікродобриво «Аватар-1», отримане методом аквананотехнології в Українському державному науково-дослідному інституті нанобіотехнологій та ресурсозбереження при Державному агентстві резерву України [257] у концентрації 10^{-2} % та 10^{-3} %. Мікродобриво «Аватар-1» виготовляється згідно ТУ У 24,1-37033728-001:2011 (свідоцтво про реєстрацію Серія «А» № 04115 від 12.03.2014) та відноситься до 4 класу небезпеки за [256]. Хімічний склад «Аватар-1», %: магній – 0,01-0,08; цинк – 0,001-0,007; купрум – 0,01-0,08; ферум – 0,0015-0,008; манган – 0,0005-0,005; молібден – 0,00001-0,0025; кобальт – 0,0001-0,0025; лимонна кислота – 0,05-1.

2.12.2. Рослинні олії

Застосовували *соняшникову олію* нерафіновану холодного пресування першого віджиму першого гатунку (СО), яка відповідає ДСТУ 4492:2005 [258] у

концентрації 1 % та 5 % та *кукурудзяну олію* рафіновану дезодоровану марки П (КО), яка відповідає ДСТУ ГОСТ 8808:2003 [259] у концентрації 1 % та 5 %.

До складу рослинних олій входять переважно жирні кислоти (95-98 %) у вигляді тригліцеридів, а також комплекс мінорних сполук, який включає токофероли, каротиноїди, фосфоліпіди, стерини та інші ліпідоподібні речовини [260]. Склад жирних кислот рослинних олій формується сумішшю насичених та ненасичених жирних кислот, які класифікують за кількістю ненасичених зв'язків на мононенасичені та поліненасичені [261].

Соняшникова олія містить до 90 % ненасичених жирних кислот (лінолевої та олеїнової) та до 10 % насичених жирних кислот (пальмітинової та стеаринової) [262].

Кількісно переважаючими компонентами жирнокислотного складу кукурудзяної олії є пальмітинова, олеїнова та лінолева кислоти [263].

У таблиці 2.2 наведених склад жирних кислот соняшникової та кукурудзяної олій [258, 259].

Таблиця 2.2. Жирнокислотний склад рослинних олій за [258, 259]

Вид олії	Масова частка жирної кислоти, % до суми жирних кислот				
	Пальмітинова C _{16:0}	Стеаринова C _{18:0}	Олеїнова C _{18:1}	Лінолева C _{18:2}	Ліноленова C _{18:3}
Соняшникова олія	3,0-10,0	1,0-10,0	14,0-35,0	50,0-75,0	<1,0
Кукурудзяна олія	9,0-14,0	0,5-4,0	24,0-42,0	34,0-62,0	<2,0

Вважають, що саме ненасичені жирні кислоти є попередниками синтезу запашних речовин у грибів, особливо лінолева кислота [47].

2.12.3. Комплексні добавки природного походження

Використовували кукурудзяні лусочки (КЛ), кору дуба (ПрАТ «Ліктрави», Україна) (КД), тирсу листяних порід дерев (берези, бука, дуба, клену, тополі, липи) (ТД), солод житній сухий ферментований (СЖ), соєве борошно (СБ), пшеничні

висівки (ПВ), молочну сироватку (МС) у концентрації 1 та 5 %, дріжджовий екстракт («Conda Pronadisa», Іспанія) (ДЕ) у концентрації 10^{-2} та 10^{-3} % та «Органічну біодобавку для грибів роду Глива» (ООО «Екоцентр», Україна) (ОБ) у концентрації 1,25 % (рекомендована виробником).

Солод житній сухий ферментований відповідав ГОСТ 29272-92 [264]. Він являє собою солод десятиденного рощення, висушений за температури не вище 100 °С [265]. Основною метою солодоращення є накопичення у зерні максимальної кількості активних ферментів – амілолітичних, протеолітичних, цитолітичних та інших. Солод житній має оригінальний смако-ароматичний профіль [266]. Також його цінність полягає у високому вмісті білків, легкозасвоюваних вуглеводів (глюкози, фруктози, мальтози, декстрину), поліненасичених жирних кислот, мінералів (фосфору, калію, магнію, феруму, мангану, кальцію, купруму, йоду, фтору, цинку, селену), вітамінів (А, Е, С, Н, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, Е, F) [267].

Пшеничні висівки (ДСТУ 3016-95 [268]) – побічний продукт борошномельного виробництва, являє собою тверду оболонку зерна, яку одержують при подрібненні зерна та сортуванні його часток за розміром і масою [269]. Пшеничні висівки є джерелом клітковини (42-44 %), білкових (14-16 %) та мінеральних речовин (Na, K, Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Se), а також вітамінів (В₁, В₂, В₅, В₆, В₉, Е, РР) [270, 271].

Соеве борошно харчове (ДСТУ 4543:2006 [272]) отримують шляхом розмелювання та просіювання знежиреного шроту [273]. Вміст білків, які містять усі незамінні амінокислоти, у ньому досягає 45 % [274]. Крім того, соєве борошно містить до 38 % вуглеводів, до 5 % клітковини, до 15 % жиру та до 7 % золи [272]. Воно також багате на кальцій, фосфор, вітаміни А, групи В, С та D [275].

Дріжджовий екстракт – дріжджовий продукт, який складається з водорозчинних компонентів автолізованих дріжджових клітин *Saccharomyces cerevisiae*. Він широко застосовується у харчовій промисловості як ароматизатор, харчова та вітамінна добавка, а також як компонент живильних середовищ у мікробіології та біотехнології [276]. Основними складовими дріжджового

екстракту є продукти розпаду білків (пептиди, вільні амінокислоти) та нуклеотиди [277]. Частіше за все він використовується як джерело екзогенних факторів, необхідних для росту мікроорганізмів. Зола дріжджового екстракту складається з великого різноманіття мінеральних речовин: Fe, Cu, Zn, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti та інших [278]. Він також містить значну кількість вітамінів групи B [276]. Хімічний склад, %: амінонітроген – не менше 4,5; загальний нітроген – не менше 10,0; зола – не менше 15,0; кальцій – 0,1; магній – 0,1; калій – 5,7; натрій – 0,3; pH 6,0-7,2.

Кукурудзяні лусочки утворюються під час очищення насіння кукурудзи та є відходами виробництва. Вони містять у своєму складі 31-39 % целюлози, 34-41 % геміцелюлози, 2-14 % лігніну, 3-7 % золи, 10-18 % екстрактивних речовин [279, 280], жири та пектини [281].

Деревина листяних порід дерев, таких як дуб звичайний (*Quercus robur* L.), є типовим субстратом, на якому ростуть гриби роду *Pleurotus* у природних умовах [226]. До складу *кори дуба* входять фенольні та флавоноїдні сполуки (5,3-10,4 %), дубильні речовини (6,4-9,8 %), аскорбінова кислота (30,5-71,4 мг/100 г), а також мінеральні речовини (8,8-12,7 %): калій, кальцій, купрум, цинк, манган, ферум, нікель, кобальт, хром, молібден та інші [282, 283].

Молочна сироватка є побічним продуктом виробництва твердих, напівтвердих, м'яких сирів і сичужного казеїну [284]. Цінним компонентом сироватки є білки (1,2 %), до складу яких входять незамінні амінокислоти [285]. У молочну сироватку переходять майже всі макро- й мікроелементи молока (0,6 %), більша частина лактози (3,4 %), молочний жир (0,1 %), а також водорозчинні вітаміни. З органічних кислот у сироватці виявлено молочну, лимонну й леткі жирні кислоти: оцтову, мурашину, пропіонову, масляну [286, 287].

«Органічна біодобавка для грибів роду Глива» (ООО «Экоцентр») сприяє збільшенню врожайності та скороченню циклу вирощування. Регулює ріст та розвиток грибів, стимулює їх імунну систему для захисту від захворювань та температурних стресів. Складається добавка з амілози (25 %), амілопектину (25 %) та CaO (30 %).

2.13. Визначення впливу температури культивування на культурально-морфологічні характеристики росту та запашні властивості штамів *Pl. ostreatus*

Серед всіх фізичних факторів, які впливають на ріст грибів, температура є одним з найважливіших, який підлягає ретельному вивченню [159]. Температура культивування впливає на довжину та діаметр ніжки, розміри шапинки [213]. Збільшення температури сприяє підвищенню ферментативної активності. Проте високі температури інактивують ферменти, що впливає на обмін речовин та, відповідно, на ріст грибів [159].

Вимоги їстівних базидіальних грибів до температури на різних етапах розвитку визначаються біологічними особливостями виду та штаму [288]. Оптимальна температура для росту міцелію більшості грибів складає 22-28 °C [204]. За температури вище 30 °C або нижче 5 °C ріст гриба практично припиняється, а за температури нижче оптимальної ріст значно уповільнюється [91]. Діапазон оптимальних температур є більш вузьким для фази плодоношення, ніж для розвитку міцелію грибів [159].

Гриби роду *Pleurotus* за відношенням до температури плодоношення поділяють на три групи: I – ті, які потребують зниження температури до 13-15 °C або холодого шоку при 4-5 °C декілька діб; II – ті, що утворюють плодові тіла при підвищеній температурі (19-25 °C); III – ті, плодові тіла яких утворюються у широкому діапазоні температур (15-25 °C, 12-20 °C) [288].

Для більшості штамів *Pl. ostreatus* оптимальна температура плодоношення знаходиться у діапазоні від 12 до 18 °C [159].

Для визначення впливу температури проводили твердофазне культивування на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю. Після повного заростання субстратів міцелієм ємності з субстратом переносили у ростові камери з вологістю 80-90 %, освітленістю 150-200 Лк з фотоперіодом 8 годин та різними температурними режимами:

- 10-12 °C;

- 13-14 °C;
- 15-16 °C;
- 17-18 °C.

При проведенні процесу твердофазного культивування визначали культурально-морфологічні характеристики росту штамів *Pl. ostreatus*, проводили сенсорний профільний аналіз та спектрофотометричне дослідження екстрактів зразків висушених плодових тіл.

2.14. Визначення культурально-морфологічних характеристик росту та органолептичних властивостей плодових тіл *Pl. ostreatus*, отриманих на різних етапах плодоношення

Здійснювали твердофазне культивування штамів *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні. Збирали врожай I, II та III хвиль плодоношення. Фіксували терміни плодоношення кожної хвилі, визначали вихід плодових тіл за субстратом, проводили сенсорний профільний аналіз висушених зразків плодових тіл кожного зі штамів та спектрофотометричний аналіз гексанових екстрактів висушених грибів.

2.15. Статистична обробка отриманих даних

Збереження і обробку даних, побудову профілів аромату та УФ-спектрів проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2010 (MS Windows). Фотографії були зроблені цифровою фотокамерою Lenovo S668T (Китай).

Статистичну обробку даних здійснювали методом однофакторного дисперсійного аналізу згідно [289, 290]. Розраховували середнє значення (M), стандартне відхилення (S) та стандартну похибку середнього значення (m) за наступними формулами:

$$M = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.4)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - M)^2}{(n-1)}} \quad (2.5)$$

$$m = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2.6)$$

де x_i – отримане значення показника,

n – об'єм вибірки.

Всі вибірки підкорялися закону нормального розподілення.

При визначенні достовірності відмінностей між середніми величинами використовували критерій Ст'юдента ($t_{розр}$):

$$t_{розр} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (2.7)$$

Критичні значення критерію Ст'юдента ($t_{кр}$) визначали за таблицею значень [291] при рівні значущості $\alpha=0,05$ та числі ступенів свободи $f = n_1 + n_2 - 2$.

При визначенні культурально-морфологічних параметрів росту *Pl. ostreatus* повторюваність складала 3 ($f = 4$), а при визначенні інтенсивності прояву атрибутів аромату при проведенні сенсорного аналізу 5 експертів оцінювали кожний атрибут запаху тричі, тобто отримували по 15 показників для кожного із параметрів ($f = 28$).

Різницю вважали достовірною, якщо розрахований критерій Ст'юдента $t_{розр}$ дорівнював або перевищував критичний показник ймовірності безпомилкового твердження ($t_{кр}$).

Дані у таблицях представлені у вигляді $M \pm m$.

При проведенні сенсорного аналізу стандартне відхилення (S) характеризувало узгодженість оцінок експертів. Якщо воно не перевищувало ± 1 бал (за 5-бальною шкалою), сукупність оцінок експертів вважали статистично однорідною [230].

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ЕКСТРАКЦІЇ ЛЕТКИХ ЗАПАШНИХ СПОЛУК *PL. OSTREATUS* ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

При якісному та кількісному спектрофотометричному аналізі необхідно досліджувати спектри проби у широкій області довжин хвиль та для розчинів різної концентрації, а також, нерідко, у різних розчинниках [234]. Тому для дослідження впливу добавок до субстрату при твердофазному культивуванні *Pl. ostreatus* на формування профілю запашних речовин методом спектрофотометрії на першому етапі визначали оптимальні умови проведення процесу екстракції, такі, як співвідношення маси наважки висушених подрібнених плодових тіл до маси розчинника (гідромодуль), час екстракції та тип екстрагента.

3.1. Вплив типу екстрагента на процес екстракції летких запашних сполук зі зразків висушених плодових тіл *Pl. ostreatus*

На рисунку 3.1 приведені спектри поглинання гексанових екстрактів, а на рисунку 3.2 – спиртових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю.

З приведених спектрів видно, що гексанові екстракти мали максимум світлопоглинання при 200-210 нм та чотири максимуми на ділянці 250-300 нм. Оптична густина варіювала у залежності від штаму, субстрату культивування та у різних діапазонах довжин хвиль.

Для спиртових екстрактів штамів *Pl. ostreatus* спостерігали максимум поглинання світла при 200-210 нм, а на ділянці 250-300 нм окремі максимуми чітко не візуалізувалися, а спостерігалось широке плече.

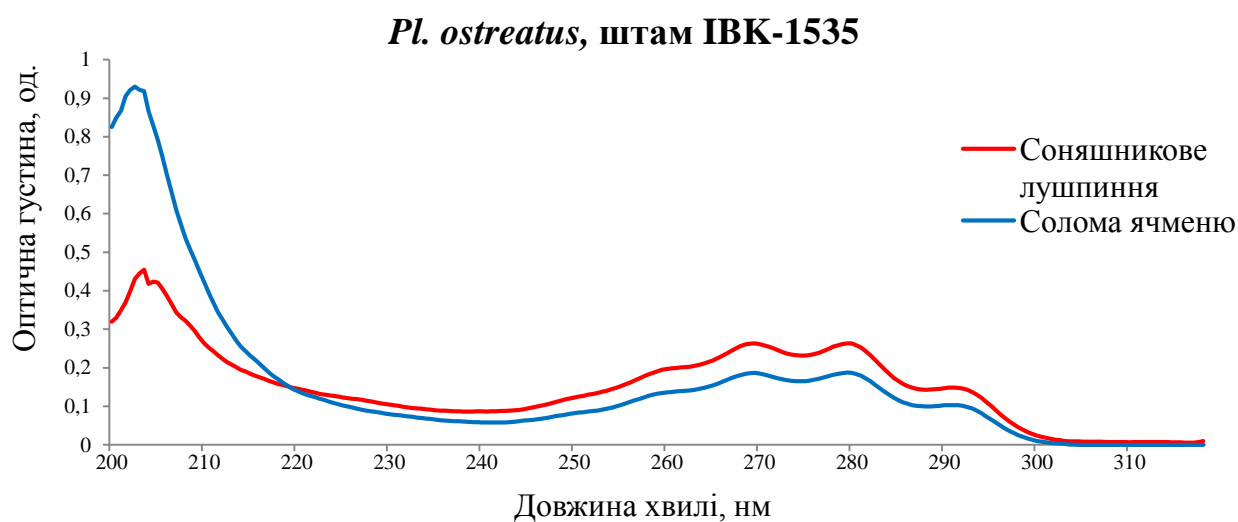
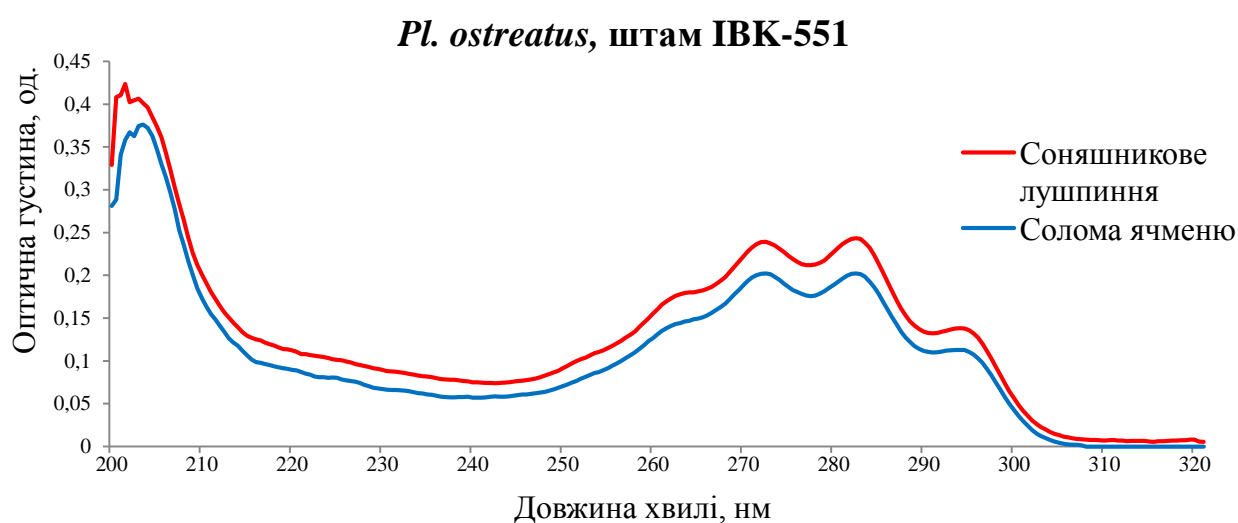
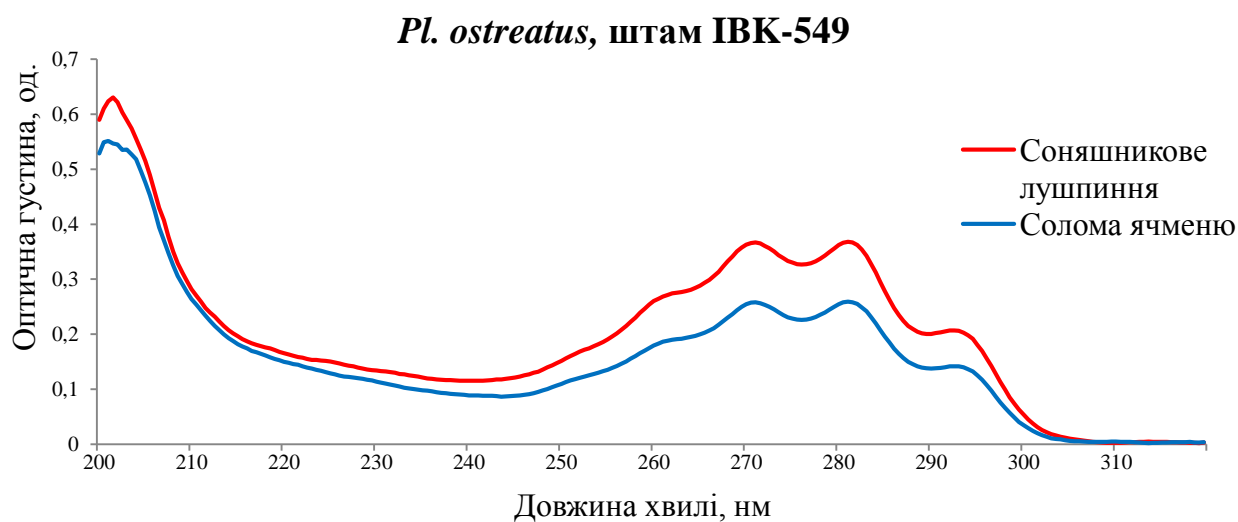


Рис. 3.1. УФ-спектри поглинання гексанових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*

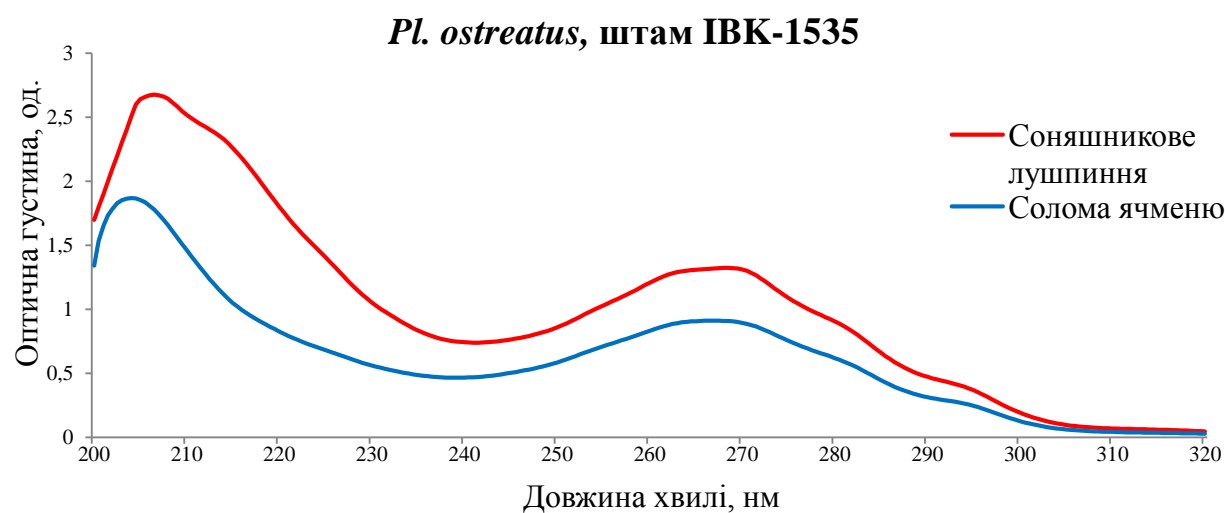
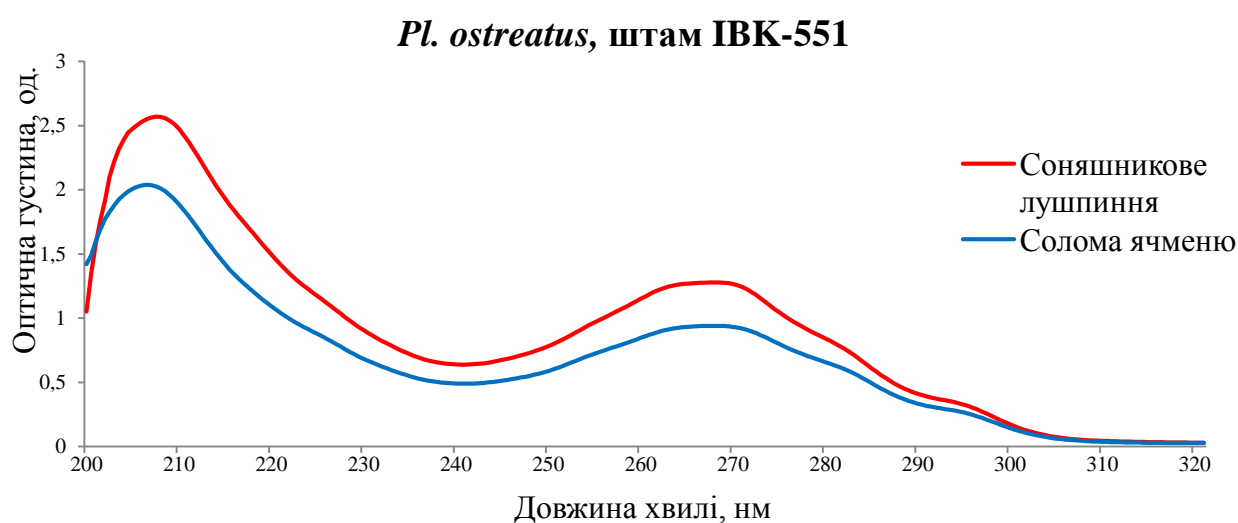
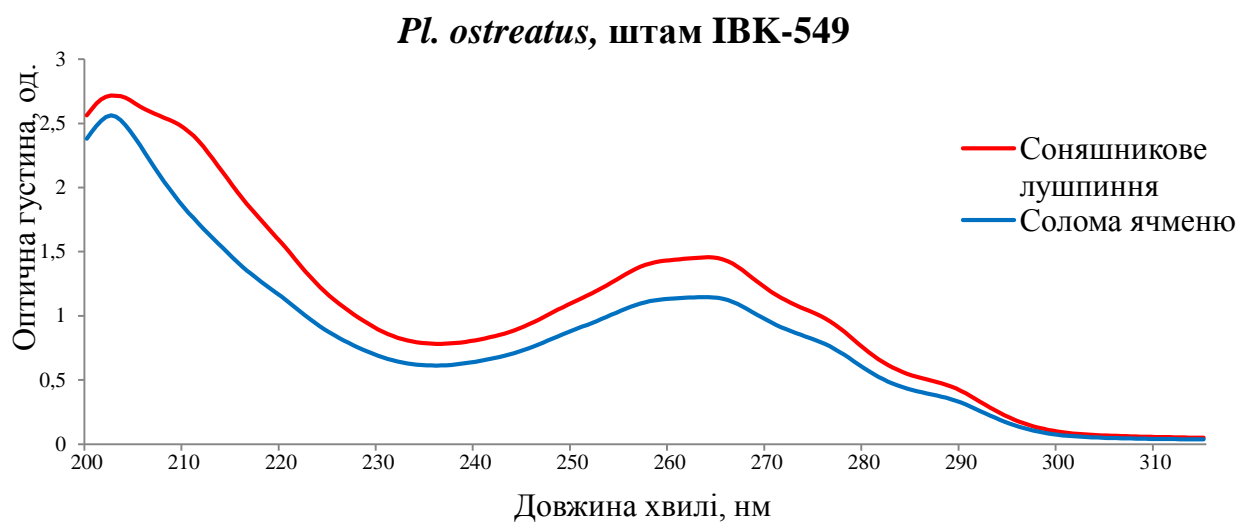


Рис. 3.2. УФ-спектри поглинання спиртових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*

Полярні розчинники, такі як етанол, стирають тонку структуру ліній поглинання [235], що підтверджується отриманими у ході нашого дослідження спектрами (рис. 3.2).

Тому, для проведення спектрофотометричного аналізу екстрактів плодових тіл *Pl. ostreatus* як розчинник нами було обрано неполярний вуглеводень – гексан.

3.2. Визначення оптимальної концентрації летких речовин у грибних екстрактах для спектрофотометричного дослідження

На рисунках 3.3 та 3.4 приведені спектри поглинання гексанових екстрактів висушених плодових тіл *Pl. ostreatus* ІВК-551, отриманих з використанням наважок сировини різної маси: 1; 0,5; 0,1 та 0,01 г (гідромодуль 1:10, 1:50, 1:100, 1:1000 відповідно).

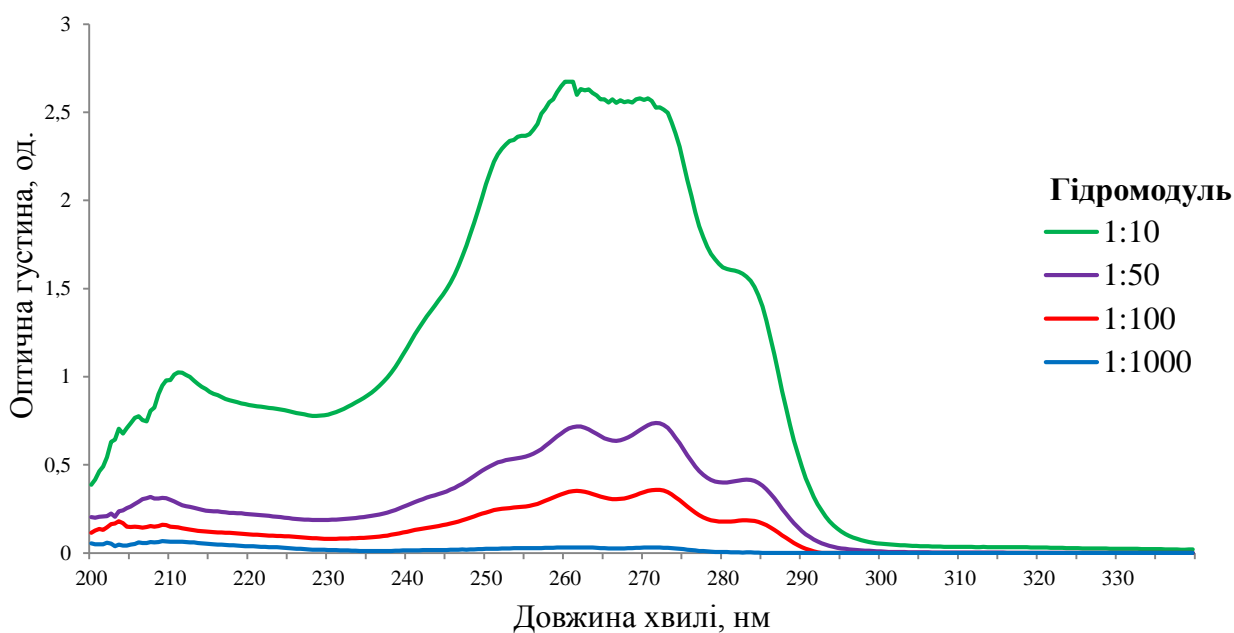


Рис. 3.3. УФ-спектри поглинання гексанових екстрактів *Pl. ostreatus* ІВК-551 з різним гідромодулем процесу екстракції (субстрат – соняшникове лушпиння)

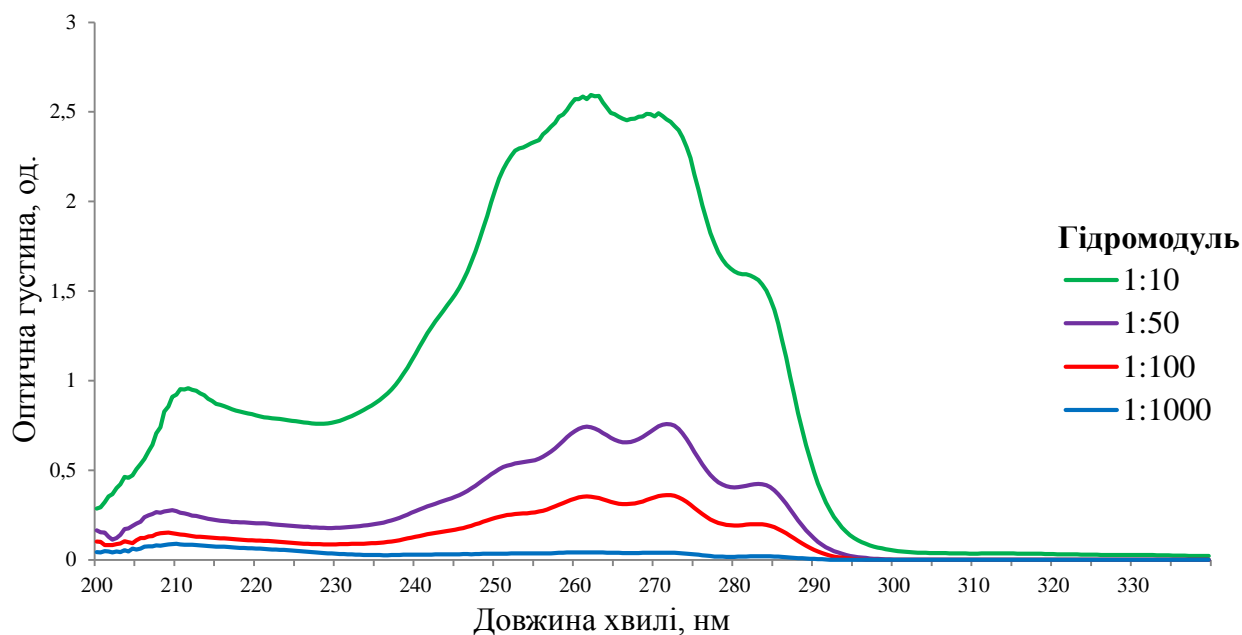


Рис. 3.4. УФ-спектри поглинання гексанових екстрактів *Pl. ostreatus* ІВК-551 з різним гідромодулем процесу екстракції (субстрат – солома ячменю)

При проведенні спектрофотометричного дослідження концентрація розчинів підбирається таким чином, щоб значення оптичної густини попадало в оптимальний інтервал фотометричних вимірів, який для однопроменевих приладів складає 0,15-0,8 од. [234]. Як видно з рисунків 3.3 та 3.4, такі оптичні властивості мають зразки, отримані екстракцією з гідромодулем 1:50 та 1:100. Проте для екстрактів з гідромодулем 1:50 інтенсивність максимумів поглинання світла при 262 та 272 нм наближена до верхньої межі оптимального діапазону фотометричних вимірів, а проведення досліджень дисертаційної роботи потенційно передбачає отримання екстрактів грибів з вищою за контрольні зразки оптичною густиною, тому оптимальним для екстракції запашних речовин з плодових тіл вважали гідромодуль 1:100.

3.3. Встановлення оптимального часу екстракції для виділення летких речовин з плодових тіл *Pl. ostreatus*

Час екстрагування при виділенні легколетких речовин, які здатні до розкладання та ізомеризації під дією температури, є важливим фактором, який

потребує вивчення. Тому нами були проведені дослідження умов виділення запашних речовин *Pl. ostreatus* з сировини грибів.

На рисунку 3.5 приведені спектри поглинання гексанових грибних екстрактів висушених плодових тіл *Pl. ostreatus* ІВК-551 (культивованих на соломі ячменю) різної тривалості процесу екстракції (15, 30 та 45 хвилин за температури кипіння розчинника).

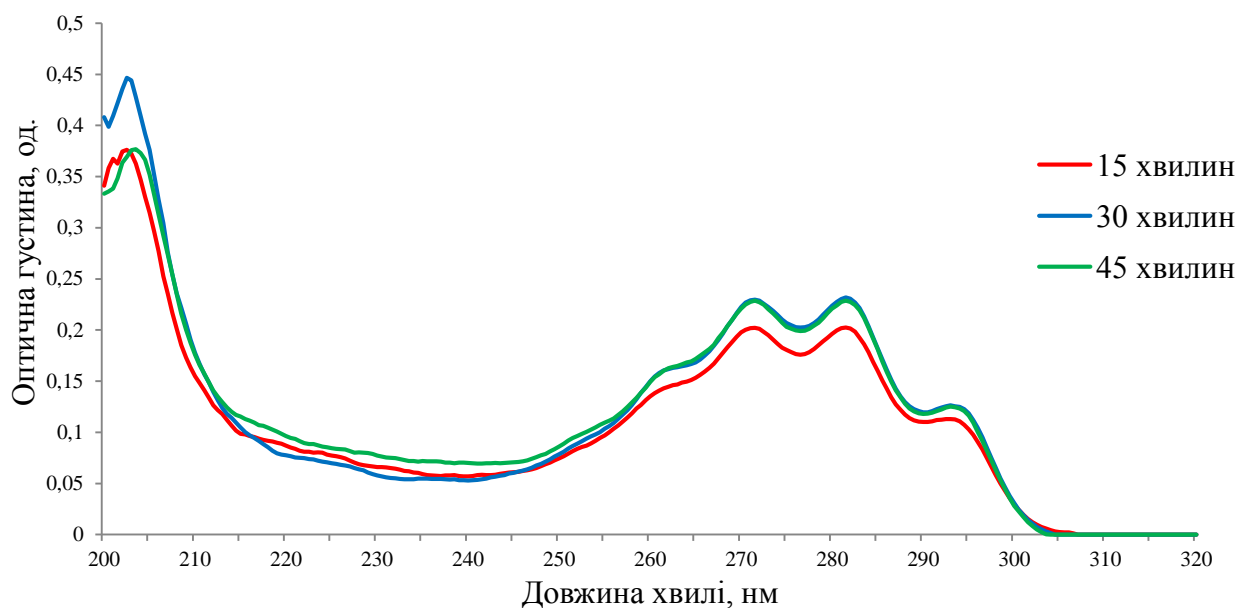


Рис. 3.5. УФ-спектри гексанових екстрактів *Pl. ostreatus* ІВК-551 різного часу екстракції (субстрат – солома ячменю)

Встановлено, що зі збільшенням часу екстракції з 15 до 30 хвилин, інтенсивність максимумів світлопоглинання підвищувалась не суттєво, що свідчить про недоцільність збільшення часу екстрагування з 30 до 45 хвилин. Аналогічна залежність спостерігалась для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*. Тому нами для проведення подальших етапів роботи було обрано час екстрагування – 30 хвилин.

3.4. Ідентифікація летких речовин *Pl. ostreatus* за допомогою спектрофотометричного аналізу

За допомогою методу спектрофотометрії можна отримувати як якісні, так і кількісні результати. Але в ідеальному варіанті речовини при цьому мають бути абсолютно чистими, адже у випадку суміші речовин відбувається додавання поглинань окремих компонентів, а також можлива поява додаткових міжмолекулярних взаємодій. У випадку суміші сполук отримують сумарний спектр на основі усіх компонентів цієї суміші [233].

Основні запашні сполуки їстівних грибів (табл. 1.1) як хромофорні групи (системи, електрони яких відповідають за абсорбцію світла) містять: етиленовий хромофор (1-октен-3-ол, транс-2-октен-1-ол, цис-2-октен-1-ол), карбонільний хромофор (гексаналь, октаналь, октанон, 1-октен-3-он), бензольний хромофор (бензальдегід).

Ізольований етиленовий хромофор викликає інтенсивне поглинання при 165 нм та має менш інтенсивну полосу поглинання при 195-200 нм. Оптична густина сполук, які містять непов'язаний подвійний зв'язок, мало залежить від природи розчинника через неполярну природу такого зв'язку [254].

Алкільне заміщення при етиленовому хромофорі викликає зсув поглинання у довгохвильову область – батохромний ефект, який посилюється зі збільшенням числа алкільних замісників [254].

У ході дослідження отримано спектр поглинання 1-октен-3-олу у гексані, який представлений на рисунку 3.6.

Як видно з рисунку 3.6, 1-октен-3-ол має максимум світлопоглинання при $\lambda=207$ нм.

Група C=O аліфатичних альдегідів та кетонів (карбонільний хромофор) має полосу поглинання низької інтенсивності у діапазоні 270-290 нм. Її положення залежить від розчинника, що пояснюється полярністю зв'язку C=O, та від природи замісника біля α -карбонового атому. Так, збільшення кількості алкільних груп біля останнього може індукувати зсув у довгохвильову ділянку

спектра [235], а при збільшенні полярності розчинника полоса поглинання зміщується у короткохвильовий бік [254].

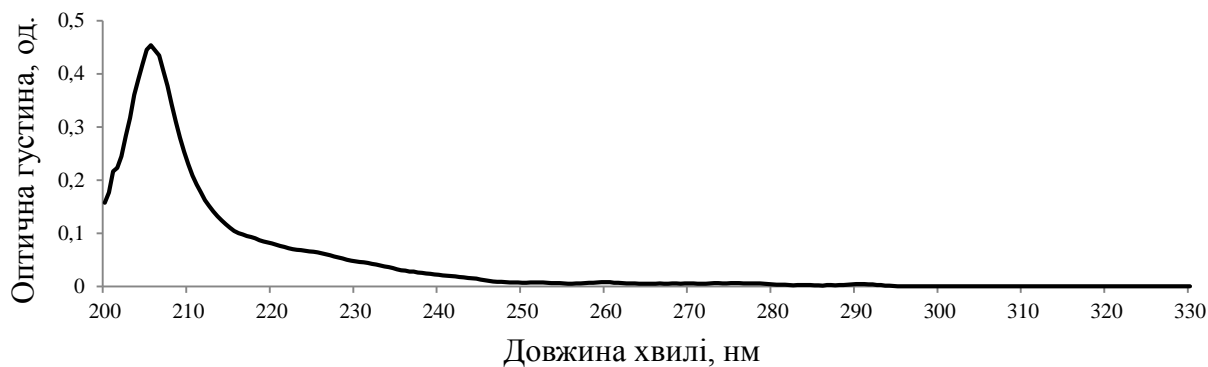


Рис. 3.6. УФ-спектр поглинання 1-октен-3-олу в гексані

На рисунку 3.7 наведений спектр поглинання ацетону [292], а на рисунку 3.8 – бутаналю [293].

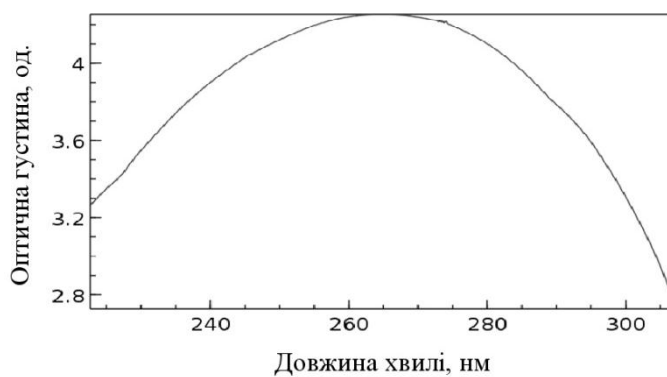


Рис. 3.7. УФ-спектр поглинання ацетону за [292]

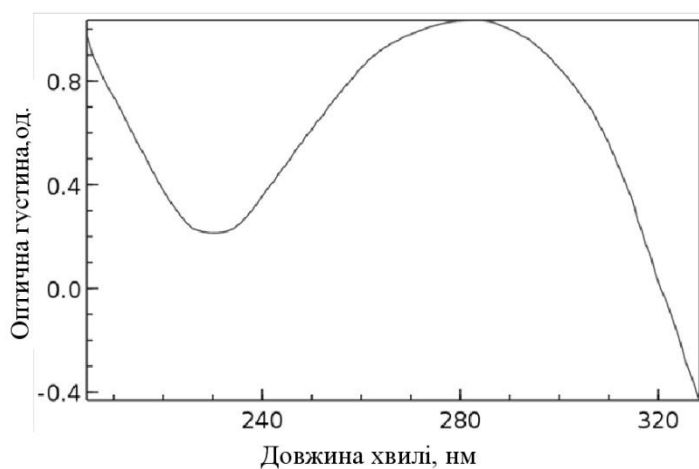


Рис. 3.8. УФ-спектр поглинання бутаналю за [293]

Як свідчать наведені на рис. 3.7 та 3.8 дані, кетони (ацетон) мають максимум поглинання при 265 нм, альдегіди (бутаналь) – при 280 нм. Отже, можна припустити, що екстракти плодових тіл *Pl. ostreatus*, спектри яких мають максимуми поглинання у діапазоні 250-300 нм, містять у своєму складі запашні кетони та альдегіди.

Серед запашних сполук грибів ідентифіковані речовини ароматичної хімічної природи (табл. 1.1), які містять бензольний хромофор. В ультрафіолетовому спектрі бензолу у гексані спостерігається смуга поглинання низької інтенсивності при 254 нм. Ця смуга зміщується у довгохвильову область зі збільшенням кількості алкільних замісників у бензольному кільці [235].

На рисунку 3.9 наведений спектр поглинання бензальдегіду у гексані, отриманий нами у ході дослідження.

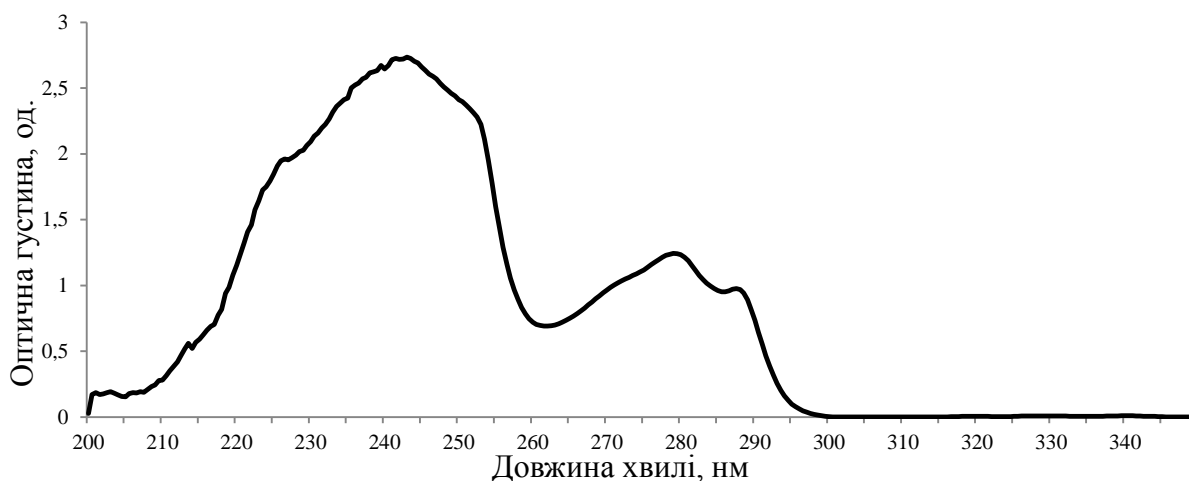


Рис. 3.9. УФ-спектр поглинання бензальдегіду в гексані

Як видно з рисунку 3.9, бензальдегід має максимуми оптичної густини при 242 та 280 нм, що повністю співпадає з літературними даними [294].

Висновки до розділу 3:

Згідно до результатів проведеної роботи, підібрані оптимальні умови процесу екстракції для проведення спектрофотометричного аналізу екстрактів плодових тіл *Pl. ostreatus*:

- екстрагентом обраний неполярний вуглеводень гексан;

- оптимальний гідромодуль процесу екстракції – 1:100;
- оптимальна тривалість процесу екстракції за температури кипіння розчинника – 30 хвилин.

За отриманими експериментальними результатами та згідно літературних даних ідентифіковані основні максимуми світлопоглинання екстрактів *Pl. ostreatus*, які обумовлені ненасиченими аліфатичними сполуками (200-210 нм), аліфатичними альдегідами, кетонами та ароматичними сполуками (250-300 нм), що відповідають за різні відтінки аромату грибів.

Публікації за результатами досліджень, представлених у розділі 3:

Vlasenko E. N., Stepnevskaya J. V., Kuznetsova O. V. Synthesis of aroma compounds by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. cultured on various substrates. *Biotechnologia Acta*. 2017, Vol. 10, No. 4. P. 59-67. doi:10.15407/biotech10.04.059.

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Сенсорний профільний аналіз як метод оцінки аромату та запаху грибів, що культивуються. *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів, 25-26 травня 2016 р. Дніпропетровськ. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. С. 12-13.

Власенко К. М., Степневська Я. В., Кузнецова О. В. Оцінка аромату вищих їстівних грибів із застосуванням методу УФ-спектроскопії. *Хімія та сучасні технології* : зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених. Дніпро. 2017. Т. 4. С. 88-89.

Власенко К. М., Степневська Я. В. Спектральні характеристики екстрактів висушених грибів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукове забезпечення інноваційного розвитку агропромислового комплексу в умовах змін клімату* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. мол. вчених і спеціалістів. Дніпро. 2017. С. 20-21.

РОЗДІЛ 4

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК РОСТУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ШТАМІВ *PL. OSTREATUS* ТА ЇХ ЗАПАШНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

4.1. Культурально-морфологічні показники росту штамів *Pl. ostreatus*

У процесі твердофазного культивування штамів *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні нами отримані плодові тіла, фото яких представлені на рисунку 4.1.



Рис. 4.1. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*

Згідно до наших досліджень, плодові тіла *Pl. ostreatus* різних штамів мали певні морфологічні відмінності. Детальна морфологічна характеристика досліджених штамів приведена у таблиці 4.1.

Аналізуючи приведені дані щодо морфологічних відмінностей у будові плодових тіл різних штамів *Pl. ostreatus*, слід відмітити різноманіття забарвлення шапинок плодових тіл, яке варіювало від світло-сіро-жовтуватого (IBK-549, IBK-1535) до темно-сіро-коричневого (IBK-2275). Відрізнялися карпофори і за станом м'якоті від ніжної та м'якої (IBK-549) до щільної та жорсткуватої (IBK-550). Інші морфологічні характеристики досліджених штамів *Pl. ostreatus* варіювали у меншій мірі.

Культурально-морфологічні параметри росту штамів *Pl. ostreatus*, вирощених на соняшниковому лушпинні, представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1. Морфологічний опис плодових тіл досліджуваних штамів *Pl. ostreatus*

Морфологічна ознака	Штам <i>Pl. ostreatus</i>					
	ІВК-549	ІВК-550	ІВК-551	ІВК-1535	ІВК-1543	ІВК-2275
Тип плодового тіла	Диференційоване на шапинку та ніжку					
Форма гриба	Шапконіжковий					
Положення ніжки	Центральна або ексцентрична	Ексцентрична або бокова	Ексцентрична	Ексцентрична	Ексцентрична	Ексцентрична
Форма шапинки	Воронкоподібна	Глибоко-воронкоподібна	Плоско-воронкоподібна	Чашкоподібна	Чашкоподібна	Чашкоподібна
Поверхня шапинки	Суха, гладка, матова					
Колір шапинки	Світло-сіро-коричневий, при дозріванні світлішає та жовтіє	Світло-сіро-коричневий, жовтуватий, при дозріванні світлішає	Темно-сіро-коричневий, темніший по краях, при дозріванні стає сіро-жовтуватим	Жовто-коричневий, при дозріванні світлішає	Сіро-коричневий, при дозріванні світлішає	Темно-сіро-коричневий, при дозріванні світлішає
Розміри шапинки, см	4-6	3-6	4-8	5-8	5-7	4-7
Край шапинки	Рівний, підгорнутий донизу, при дозріванні стає хвилястим, рветься					
Тип гіменофора	Пластинчастий, білого кольору, вкриває нижню поверхню шапинки та переходить на ніжку					
Форма ніжки	Конусоподібна, тонка, розширена догори	Конусоподібна, масивна, трохи розширена до шапинки	Конусоподібна, розширена до шапинки	Конусоподібна, розширена до шапинки	Конусоподібна, розширена до шапинки	Конусоподібна, розширена до шапинки
Довжина ніжки, см	4-6	2-3	2-3	3-4	3-4	2-3
Поверхня ніжки	Волокниста, вкрита гіменофором					

Продовження табл. 4.1

Колір ніжки	Біло-кремовий	Кремовий	Кремовий	Кремовий	Світло-кремовий	Світло-кремовий
Наявність покривала	Відсутнє	Відсутнє	Відсутнє	Відсутнє	Відсутнє	Відсутнє
Стан трами (м'якоті)	Пружна, м'яка, ніжна	М'яком'ясиста, щільна	Пружна, м'яком'ясиста	Пружна, м'яком'ясиста	Пружна, м'яком'ясиста	Пружна, м'яком'ясиста
Запах гриба	Грибний з трав'янистими та деревними нотами	Малоінтенсивний грибний з деревними нотами	Малоінтенсивний грибний з деревними нотами	Грибний з трав'янистими та деревними нотами	Грибний з трав'янистими та деревними нотами	Грибний з трав'янистими та деревними нотами
Колір м'якоті	Біло-кремовий					
Зміна кольору м'якоті при розрізі	Буріє					
Екологічна група гриба	Сапротроф на деревині (ксилотроф)					

Таблиця 4.2. Культурально-морфологічні параметри росту штамів *Pl. ostreatus*

Штам <i>Pl. ostreatus</i>	Термін обростання субстрату міцелієм, доба	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г
ІВК-549	6-7	12-14	24-26	18,9±1,0	12,7±0,7	4,1±0,4
ІВК-550	6-7	13-15	27-28	15,1±1,7	8,9±0,5	2,7±0,1
ІВК-551	6-7	15-16	26-28	10,9±0,8	11,9±0,3	3,2±0,3
ІВК-1535	6-7	16-18	26-30	10,4±0,9	10,8±0,2	2,9±0,2
ІВК-1543	6-7	14-16	26-28	14,4±0,8	13,6±0,3	3,5±0,2
ІВК-2275	6-7	25-26	39-40	18,9±2,3	13,1±0,3	3,9±0,2

Як видно з представлених даних, за терміном обростання субстрату міцелієм серед досліджених штамів *Pl. ostreatus* істотної різниці не спостерігалось. За термінами появи примордіїв та першої хвилі плодоносіння відмічена певна різниця. Швидше за інші плодоносив штам ІВК-549, а пізніше за всіх примордії та плодові тіла утворив штам ІВК-2275.

Меншу за інші штами кількість грибних зростків на одиницю об'єму субстрату утворили ІВК-551 та ІВК-1535, а найбільшу (у 1,3-1,8 раза) – ІВК-549 та ІВК-2275.

Найвищим виходом плодових тіл за субстратом за дві хвилі плодоносіння характеризувалися штами ІВК-549, ІВК-1543 та ІВК-2275. Найнижчу врожайність показав штам ІВК-550.

4.2. Сенсорний профільний аналіз запаху штамів *Pl. ostreatus*

Результати сенсорного аналізу запаху зразків висушених грибів *Pl. ostreatus* різних штамів, представлених у вигляді профілів кола, наведено на рисунку 4.2.

Аналізуючи отримані діаграми, слід зазначити, що профіль запаху зразків грибів відрізнявся як за інтенсивністю (площа внутрішньої поверхні діаграми) у

залежності від культивованого штаму *Pl. ostreatus*, так і мав певні особливості співвідношення характерних атрибутів аромату для деяких штамів.

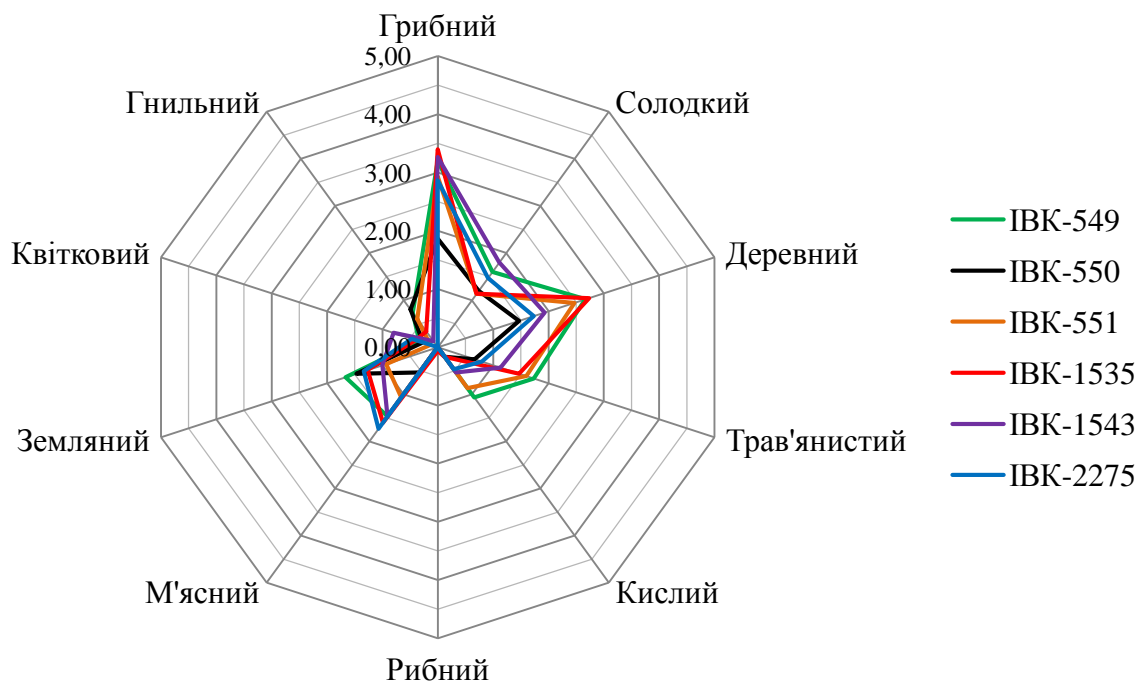


Рис. 4.2. Сенсорні профілі запаху зразків висушених плодових тіл різних штамів *Pl. ostreatus*

У додатку В (табл. В.1) наведено результати бальної оцінки інтенсивності прояву кожного з дескрипторів, для кожного зі зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*. Статистична обробка бальної оцінки інтенсивності атрибутів аромату *Pl. ostreatus* свідчить про однорідність сукупності оцінок експертів.

Найвищу інтенсивність грибною складової запаху мали плодові тіла штамів IBK-1535 та IBK-1543. Нижчий у 1,5-1,8 раза порівняно з іншими штамми показник цього атрибуту зафіксований для штаму IBK-550. Інтенсивність грибного атрибуту аромату знижувалась у ряду IBK-1535>IBK-1543>IBK-549>IBK-551>IBK-2275>IBK-550.

Вища у 1,4-1,9 раза інтенсивність деревних нот спостерігалася для штаму IBK-1535, а трав'янистих та земляних – для IBK-549 (у 1,2-2,6 раза), порівняно з іншими штамми.

М'ясні ноти були більш виражені у плодових тіл штаму IBK-2275 (у 1,1-3,3 раза), а найменш – у IBK-550 (у 2,0-3,3 раза).

Що стосується солодкого та квіткового атрибутів запаху, то найвища (у 1,6-3,0 рази порівняно з іншими штамами) їх інтенсивність відзначена для плодових тіл штаму IBK-1543.

У цілому слід зазначити, що найнижчою сукупною інтенсивністю всіх визначених складових аромату характеризувався штам IBK-550. Це також наглядно підтверджується графічним зображенням його профілю на рисунку 4.2 (найменша площа профілю). До того ж, цей штам мав найбільш виражені кислі та гнильні ноти запаху серед усіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*.

Штами IBK-549, IBK-551 та IBK-2275 можна охарактеризувати як ті, що мали середню інтенсивність аромату серед досліджених штамів.

Найбільш виражений характерний аромат *Pl. ostreatus* було відмічено для плодових тіл штамів IBK-1535 та IBK-1543.

4.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*

Зареєстровані УФ-спектри поглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus* представлені на рисунку 4.3.

Графічні дані свідчать, що під час проведення експерименту отримані унікальні спектри поглинання, характерні всім дослідженим штамам *Pl. ostreatus*.

На УФ-спектрах екстрактів штамів *Pl. ostreatus* спостерігалися максимуми світлопоглинання при 200-210 нм (характерні для 1-октен-3-олу) та на ділянці 250-300 нм (властиві альдегідам, кетонам, похідним бензолу).

Отримані спектри екстрактів різних штамів відрізнялися інтенсивністю максимумів поглинання світла. Зокрема, найвищу інтенсивність мав спектр екстракту штаму IBK-1535 в усьому діапазоні довжин хвиль. При 200-210 нм його оптична густина виявилася у 1,4-1,6 раза, а у діапазоні 250-300 нм – у 1,2-

1,6 раза вищою, ніж для інших штамів. Найнижчу оптичну густина мав спектр екстракту штаму IBK-550.

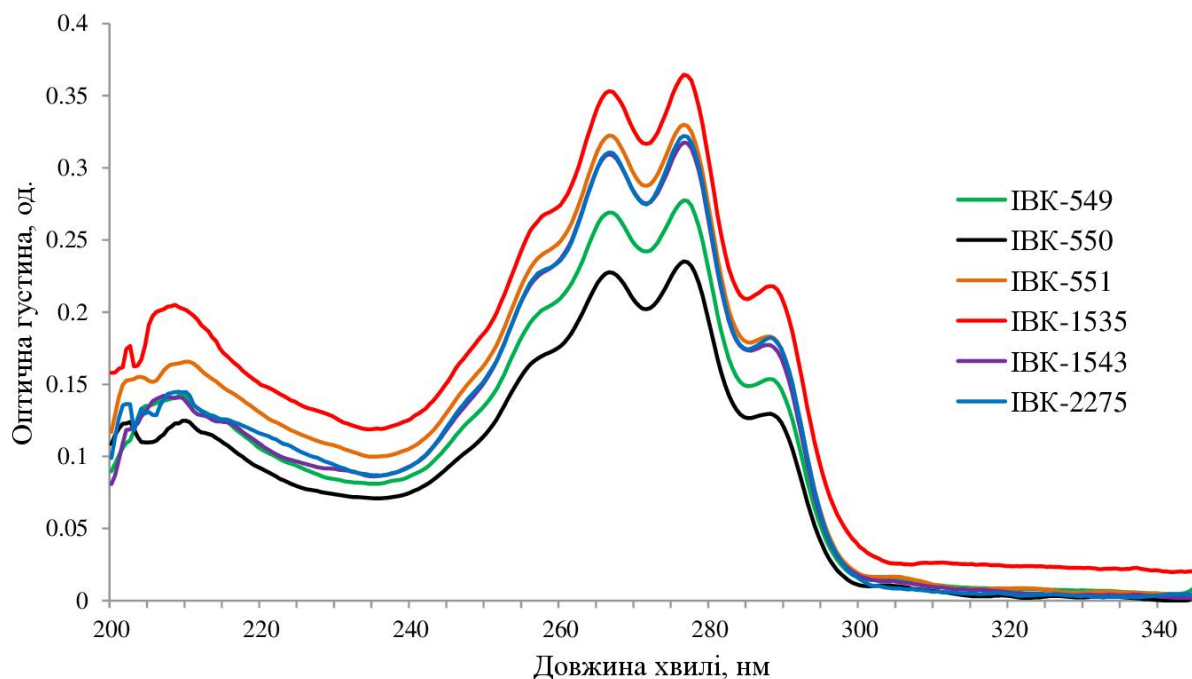


Рис. 4.3. УФ-спектри екстрактів висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*

За даними спектрофотометрії, оптична густина екстрактів досліджених штамів *Pl. ostreatus* зменшувалась у ряду IBK-1535>IBK-551>IBK-1543>IBK-2275>IBK-549>IBK-550, що у певній мірі відповідає результатам сенсорного аналізу, де також показано, що штам з високою інтенсивністю грибного аромату – IBK-1535, а з низькою – IBK-550.

Внаслідок проведеного дослідження було обрано 3 промислових штами *Pl. ostreatus* для подальшого вивчення впливу добавок до субстрату на запашні властивості грибів у процесі інтенсивного культивування: штам IBK-1535, який характеризувався найвищою інтенсивністю грибного аромату; штам IBK-551 – середньою інтенсивністю аромату та штам IBK-549 – низькою інтенсивністю аромату серед досліджених штамів.

Висновки до розділу 4:

1. Аналіз даних літератури та отриманих результатів дає змогу стверджувати, що промислові штами *Pl. ostreatus* IBK-549, IBK-550, IBK-551,

ІВК-1535, ІВК-1543 та ІВК-2275 за культурально-морфологічними ознаками відносяться до швидкозростаючих та високопродуктивних штамів.

2. Відмічено різноманіття забарвлення шапинок плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus* від світло-сіро-жовтуватого (ІВК-549, ІВК-1535) до темно-сіро-коричневого (ІВК-2275), а також стану м'якоті – від ніжної та м'якої (ІВК-549) до щільної та жорсткуватої (ІВК-550).

3. Результати дослідження показали, що:

- найшвидше примордії (на 12-14-у добу) та плодові тіла (на 24-26-у добу) утворив штам ІВК-549;
- найбільша кількість грибних зростків була зафіксована для штамів ІВК-549 та ІВК-2275 (18,9 шт. на 100 г субстрату);
- найвищий вихід плодових тіл за субстратом за дві хвили плодоносіння спостерігався у штамів ІВК-549, ІВК-1543 та ІВК-2275 (12,7-13,6 г на 100 г субстрату).

4. Виявлено, що сенсорний профіль аромату зразків висушених плодових тіл *Pl. ostreatus* відрізнявся у залежності від штаму. Найвищу інтенсивність запаху мали штами ІВК-1535 та ІВК-1543.

5. Метод спектрофотометрії показав спектр поглинання, характерний всім дослідженим штамам *Pl. ostreatus*, який мав максимуми світлопоглинання при 200-210 нм (характерний для 1-октен-3-олу, що відповідає за грибний аромат) та на ділянці 250-300 нм (максимуми, властиві альдегідам, кетонам, похідним бензолу, що відповідають за солодкі, трав'янисті, квіткові ноти запаху грибів). Найвищу оптичну густину мав спектр штаму ІВК-1535 в усьому діапазоні довжин хвиль.

6. За результатами проведеного дослідження обрано 3 промислових штами *Pl. ostreatus* для подальшого вивчення впливу добавок до субстрату на формування профілю аромату грибів у процесі інтенсивного культивування: ІВК-1535, ІВК-551 та ІВК-549.

Публікації за результатами досліджень, представлених у розділі 4:

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Визначення органолептичного профілю аромату штамів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. *Біотехнологія: звершення та надії* : зб. тез доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. НУБіП України, 29-30 листопада 2018 року. Київ : КОМПРИНТ, 2018. С. 64-65.

Vlasenko E., Kuznetsova O., Matrosov A. Comparative analysis of aroma properties of *Pleurotus ostreatus* industrial strains. *Fungal territory*. 2019. Vol. 2, No. 4. P. 28-31. doi:10.36547/ft.2019.2.4.28-31.

РОЗДІЛ 5

ВПЛИВ ЯКІСНОГО СКЛАДУ СУБСТРАТУ НА ПОКАЗНИКИ РОСТУ ПЛОДОВИХ ТІЛ ТА ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ *PL. OSTREATUS* У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

5.1. Культурально-морфологічні характеристики росту *Pl. ostreatus* у залежності від типу субстрату

Зразки плодових тіл *Pl. ostreatus*, культивованих на різних видах субстратів, представлені на рисунку 5.1.

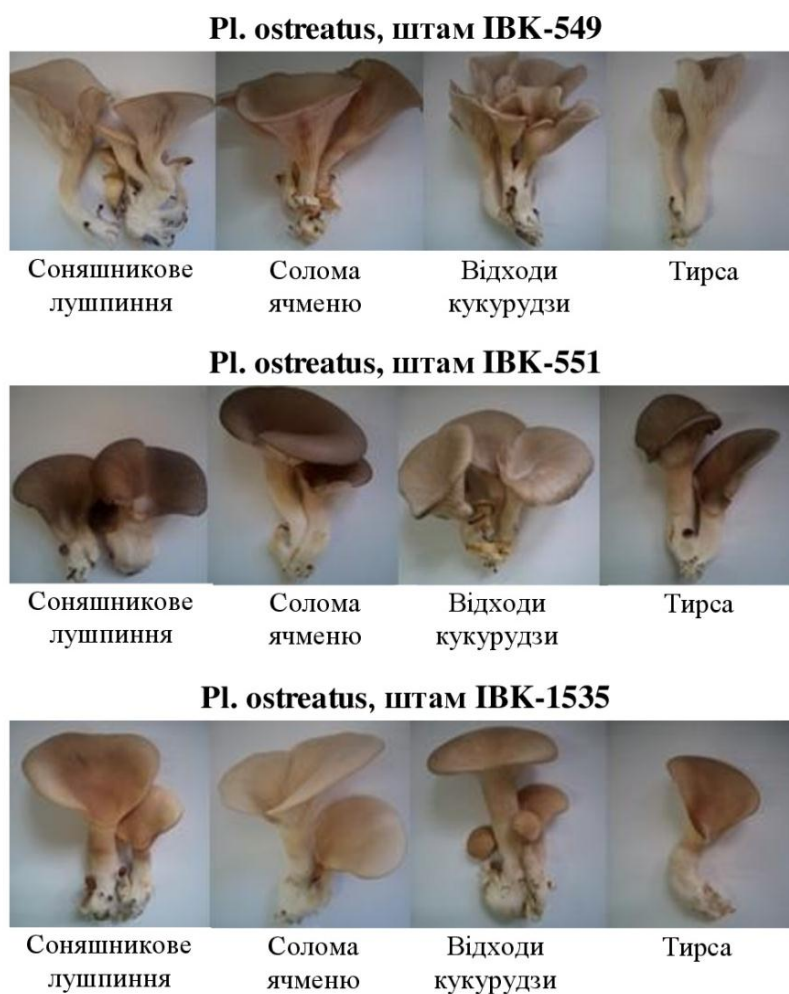


Рис. 5.1. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на різних видах субстратів

Результати дослідження показали, що за морфологічними ознаками міцелій *Pl. ostreatus* усіх досліджених штамів був білий, пухнастий, більш щільний на соняшниковому лушпинні та відходах кукурудзи. Значної різниці у морфології плодових тіл кожного зі штамів грибів, отриманих на різних субстратах, відмічено не було.

Культурально-морфологічні параметри росту штамів *Pl. ostreatus* IBK-549, IBK-551 та IBK-1535 на різних варіантах субстрату представлені у таблиці 5.1.

Слід зазначити, що термін обростання міцелієм субстратів на основі лушпиння соняшника, соломи ячменю та відходів кукурудзи у середньому становив 6-7 діб. Лише термін обростання субстрату на основі тирси склав у середньому 8 діб, що, ймовірно, пов'язано з більшою щільністю субстрату та низьким вмістом нітрогену у ньому.

Примордії швидше за все утворювалися на соняшниковому лушпинні у всіх досліджуваних штамів, найповільніше (на 2-5 діб) – на тирсі. Перші примордії утворилися у штаму IBK-549 на соняшниковому лушпинні.

У термінах плодоношення на різних субстратах між дослідженими штамми відмічена різниця. Найшвидше плодові тіла з'явилися у всіх штамів на соняшниковому лушпинні (на 2-8 діб). Останніми плодоносили штами IBK-549 та IBK-1535, культивовані на кукурудзяних відходах (відповідно на 4-8 та 9-15 діб пізніше за інші субстрати). Штам IBK-551 утворив плодові тіла майже одночасно на всіх досліджених субстратах (на 18-23-ю добу).

Згідно до наших досліджень, спостерігалася певна варіація кількості утворених зростків у залежності від штаму гриба. Штам IBK-551 утворив майже однакову кількість зростків на всіх субстратах – у середньому від 7 до 11 шт. на кожні 100 г вологого субстрату. Для штаму IBK-549 відмічено достовірне зменшення грибних зростків при культивуванні на тирсі – у 1,5-1,9 раза та на кукурудзяних відходах – у 2,5-3,0 рази у порівнянні з лушпинням соняшника та соломою ячменю. Штам IBK-1535, навпаки, утворив більшу кількість зростків (у 1,5-2,1 раза) на тирсі, ніж на інших субстратах.

Таблиця 5.1. Культурально-морфологічні параметри росту штамів *Pl. ostreatus* на різних варіантах субстрату

Варіант субстрату	Термін обростання субстрату міцелієм, доба	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоношення, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоношення, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоношення, г/100 г
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549						
Соняшникове лушпиння	6-7	11-12	15-17	20,0±0,8 ^{bcd}	14,6±0,5 ^{bd}	4,5±0,5 ^b
Солома ячменю	6	12-13	17-18	25,2±1,1 ^{acd}	11,7±0,7 ^{acd}	8,8±1,2 ^{acd}
Кукурудзяні відходи	6-7	15-16	26	8,1±0,8 ^{abd}	16,4±0,9 ^{bd}	4,6±0,3 ^b
Тирса	7-8	16-17	22	13,3±0,9 ^{abc}	8,2±0,6 ^{abc}	3,8±0,4 ^b
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551						
Соняшникове лушпиння	7	14-17	18-21	8,9±1,0	12,9±1,4	4,2±0,3 ^b
Солома ячменю	6-7	17-19	22-28	11,8±1,9	10,8±1,3 ^c	6,9±0,6 ^{acd}
Кукурудзяні відходи	7	16	23-28	7,3±0,4 ^d	16,3±0,8 ^{bd}	4,1±0,5 ^b
Тирса	8-9	16-17	22	9,2±0,9	10,7±0,4 ^c	3,9±0,3 ^b
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535						
Соняшникове лушпиння	6-7	12-14	18	8,9±0,6 ^{bcd}	11,6±0,7 ^c	4,1±0,5 ^c
Солома ячменю	6-7	15-19	24-32	7,0±0,3 ^{ad}	12,6±1,7	4,4±0,4 ^c
Кукурудзяні відходи	6-7	18	33-40	6,3±0,1 ^{abd}	15,7±1,1 ^{ad}	6,8±0,7 ^{ab}
Тирса	7-8	17-18	22-25	13,1±0,4 ^{abc}	9,0±1,2 ^c	4,2±0,9

Примітка: різниця статистично достовірна порівняно з: ^a – соняшниковим лушпинням, ^b – соломою ячменю, ^c – відходами кукурудзи, ^d – тирсою для $P < 0,05$

Вихід за субстратом I хвилі плодоношення був у 1,1-2,0 рази вищий для всіх штамів, вирощених на відходах кукурудзи, та найнижчий – на тирсі. Інші науковці [143, 144] також відмічають найвищу врожайність *Pl. ostreatus* та *Pl. cystidiosus* при культивуванні на кукурудзяних відходах та пов'язують це з високим вмістом у цьому субстраті полісахаридів, що легко гідролізуються та є

легкозасвоюваними для грибів, а також нітрогену, вміст якого є досить низьким у більшості інших відходів, які використовуються при культивуванні грибів.

Необхідно зазначити, що вихід плодових тіл знижувався на досліджених субстратах у ряду: відходи кукурудзи>соняшникове лушпиння>солома ячменю>деревна тирса. Це, на нашу думку, пов'язано зі збільшенням у цьому ряду співвідношення C:N [144, 147, 165, 173], яке безпосередньо впливає на врожайність та є оптимальним на відходах від переробки насіння кукурудзи.

II хвиля плодоносіння *Pl. ostreatus* характеризувалася вищим у 1,9-2,3 раза виходом за субстратом при культивуванні гриба на солomé ячменю (штами IBK-549 та IBK-551) та у 1,6 раза – на відходах від переробки насіння кукурудзи (штам IBK-1535).

5.2. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених грибів досліджених штамів *Pl. ostreatus*

Результати сенсорного аналізу запаху зразків висушених грибів *Pl. ostreatus* різних штамів, представлених у вигляді профілів кола, наведено на рисунку 5.2.

При аналізі отриманих діаграм встановлено, що профіль запаху зразків грибів відрізнявся у залежності від субстрату, на якому вирощували гриби. Для досліджених штамів *Pl. ostreatus* вища у 1,1-1,3 раза інтенсивність грибних нот відмічена на соняшниковому лушпинні та відходах кукурудзи порівняно з тирсою та соломом ячменю.

Інтенсивність деревної складової запаху визначена у 1,2-1,3 раза більшою при культивуванні на солomé ячменю порівняно з тирсою для штамів IBK-549 та IBK-1535.

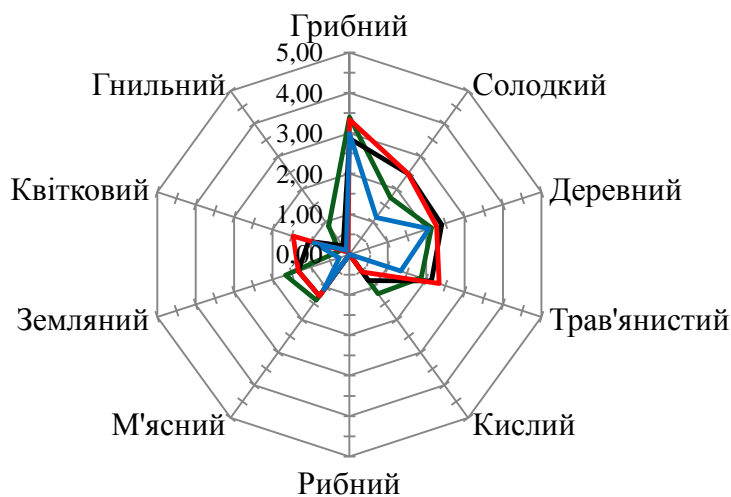
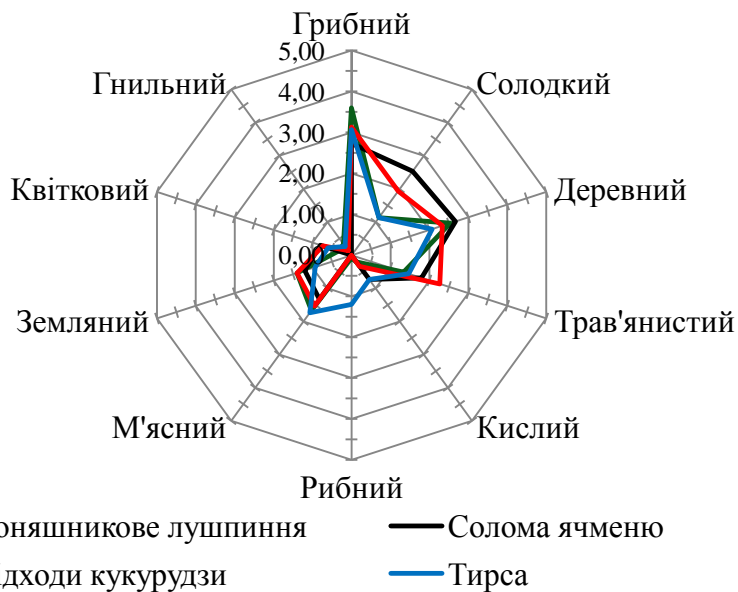
Pl. ostreatus*, штам IBK-549**Pl. ostreatus*, штам IBK-551*****Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**

Рис. 5.2. Сенсорні профілі запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на різних видах субстратів

Що стосується солодких нот запаху, то для всіх штамів вони виявилися у 1,4-2,3 раза більш вираженими у зразках, отриманих при культивуванні на соломі ячменю та відходах кукурудзи, ніж на двох інших субстратах.

Для штаму IBK-549 відмічена нижча інтенсивність трав'янистих (у 1,4-1,8 раза) та земляних (у 4,9-6,2 раза) атрибутів запаху зразків грибів, отриманих на тирсі, ніж на трьох інших субстратах. Трав'яністі ноти також виявилися у 1,4 раза більш виражені на кукурудзяних відходах, ніж на соломі ячменю, а земляні – у 1,5-2,0 рази інтенсивніші на соломі ячменю, ніж на інших субстратах (штам IBK-551). Для штаму IBK-1535 спостерігалась вища у 1,2-1,7 раза інтенсивність трав'янистого та земляного атрибуту запаху зразків, отриманих на соломі ячменю та відходах кукурудзи, ніж на інших досліджених субстратах.

Інтенсивність квіткових нот запаху виявилася вищою у 1,2-7,2 раза при культивуванні досліджених штамів на кукурудзяних відходах та соломі ячменю, ніж на інших субстратах.

Прояв рибного атрибуту запаху був найнижчий для плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, вирощених на усіх досліджених субстратах. Також відзначалась низька інтенсивність кислих та гнильних нот запаху, але дещо більш виражена при культивуванні штамів на лушпинні соняшника.

З представлених на рисунку 5.2 діаграм видно, що для зразків усіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*, отриманих при культивуванні на соломі ячменю та відходах кукурудзи, які мають вищий вміст целюлози та геміцелюлози і нижчий вміст лігніну серед досліджених субстратів, спостерігалось зміщення профілів запаху у бік трав'янистих, солодких та квіткових нот запаху. У той же час, профілі аромату грибів, вирощених на соняшниковому лушпинні та тирсі листяних порід дерев, які мають більший вміст лігніну порівняно з соломою ячменю та кукурудзяними відходами, характеризувалися більш вираженими грибними та м'ясними нотами. Також слід зазначити, що серед досліджених субстратів найвищим вмістом ліпідів, продукти розщеплення яких є попередниками синтезу C_8 запашних сполук грибів, характеризується лушпиння соняшника.

У додатку В (табл. В.2) наведено результати бальної оцінки інтенсивності прояву кожного з дескрипторів для кожного зі зразків висушених грибів. Як показала статистична обробка отриманих даних, стандартне відхилення не перевищує ± 1 бал, що говорить про статистичну однорідність сукупності оцінок експертів.

5.3. Спектрофотометричний аналіз екстрактів досліджених штамів *Pl. ostreatus*

Зареєстровані УФ-спектри поглинання грибних екстрактів представлені на рисунку 5.3.

Для досліджених штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні, при 200-210 нм інтенсивність максимумів поглинання світла визначена у 1,1-1,7 раза вищою, ніж при вирощуванні на інших субстратах. Максимуми за такої довжини хвилі є характерними для ненасичених запашних сполук, таких як 1-октен-3-ол з грибним ароматом.

Слід також зазначити, що на ділянці 250-300 нм для штамів ІВК-549 та ІВК-1535, що отримані при культивуванні на відходах насіння кукурудзи, встановлена у 1,3-2,0 раза більша оптична густина екстрактів, ніж для зразків, вирощених на соломі ячменю та соняшниковому лушпинні.

Для штаму ІВК-551 найбільші максимуми поглинання світла спостерігалися для екстрактів грибів, культивованих на лушпинні соняшника (інтенсивність вища у 1,2-1,9 раза, ніж на інших субстратах).

Як показали результати дослідження, інтенсивність максимумів світлопоглинання екстрактів висушених плодових тіл різних штамів *Pl. ostreatus* відрізнялась при культивуванні на різних субстратах.

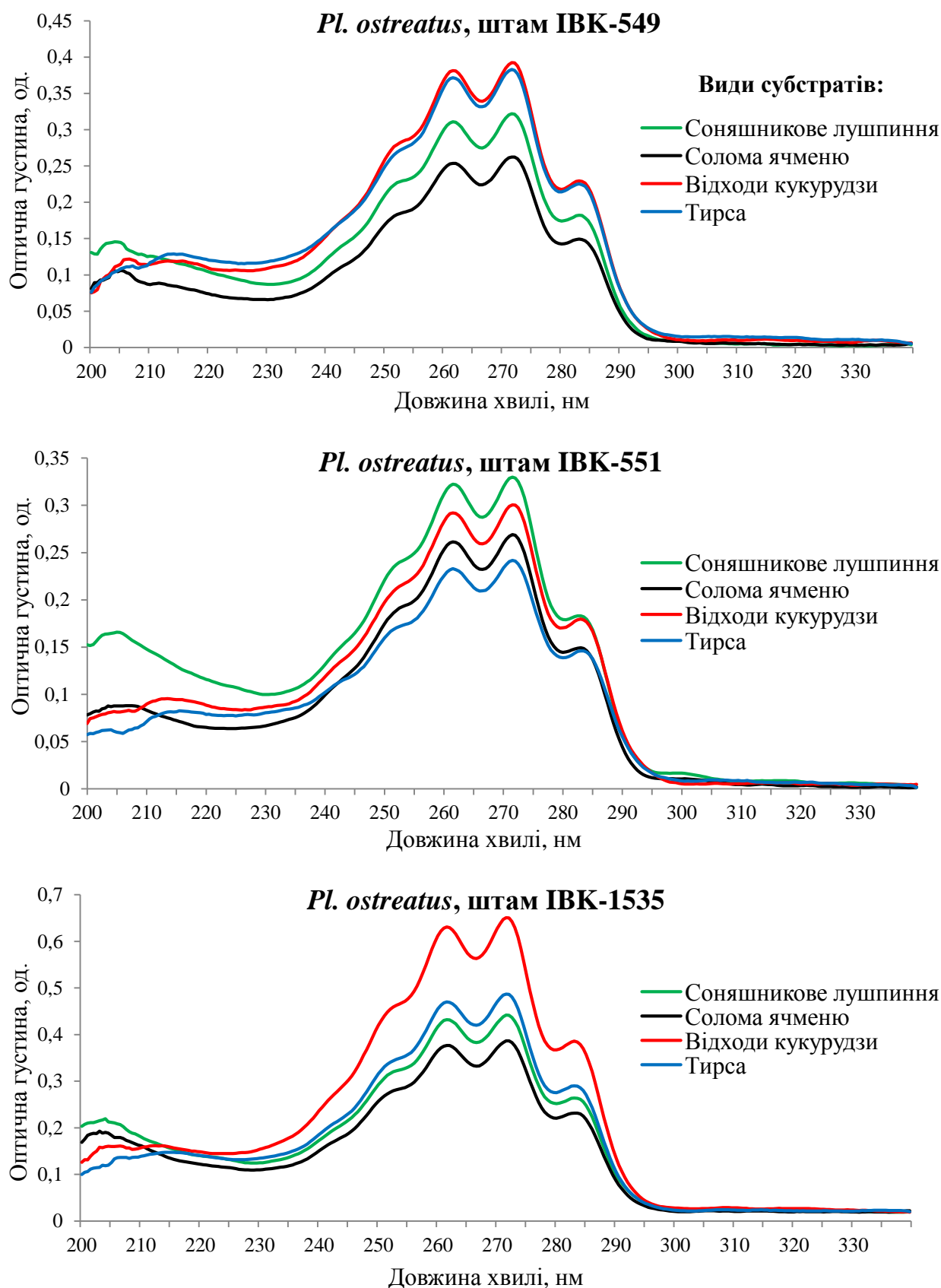


Рис. 5.3. УФ-спектри екстрактів висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на різних видах субстратів

Висновки до розділу 5:

1. Як показали результати досліджень, найшвидше утворилися плодові тіла усіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні на лушпині соняшника (на 11-15-у добу).

2. Вихід за субстратом I хвилі плодоносіння на кукурудзяних відходах був у 1,1-2,0 рази вищий для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*, ніж на інших субстратах. Найнижчий показник виходу за субстратом зафіксований на тирсі.

3. Згідно результатів сенсорного аналізу встановлено, що для штамів *Pl. ostreatus* IBK-549, IBK-551 та IBK-1535, отриманих при культивуванні на соломі ячменю та відходах кукурудзи, спостерігалось зміщення профілів аромату у бік трав'янистих, солодких та квіткових нот запаху. Профілі запаху грибів, вирощених на соняшниковому лушпинні та тирсі листяних порід дерев характеризувалися більш вираженими грибними та м'ясними нотами.

Зазначено, що вирощування досліджених штамів *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні та відходах кукурудзи сприяло більш інтенсивному формуванню у карпофорах запашних сполук з грибними нотами аромату, адже їх інтенсивність була у 1,1-1,3 раза вищою, ніж у грибів, культивованих на тирсі та соломі ячменю.

4. За результатами спектрофотометричного дослідження для екстрактів всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*, отриманих при культивуванні на соняшниковому лушпинні, при 200-210 нм інтенсивність максимумів поглинання світла (характерні для ненасичених запашних сполук, таких як 1-октен-3-ол, з грибним ароматом) визначена у 1,1-1,7 раза вищою, ніж для екстрактів зразків, вирощених на інших субстратах.

Проте на ділянці 250-300 нм (відповідає сполукам з трав'янистими, солодкими, квітковими нотами запаху) для штамів IBK-549 та IBK-1535 встановлена у 1,3-2,0 рази більша оптична густина екстрактів плодових тіл, вирощених саме на відходах кукурудзи.

Публікації за результатами досліджень, представлених у розділі 5:

Власенко К. М. Вплив хімічного складу субстрату на показники росту, врожайності та синтез летких органічних сполук при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 2 (72).

Власенко К. М. Аналіз хімічного складу субстратів щодо утворення запашних речовин при культивуванні вищих грибів. *Хімія та сучасні технології*: VII том тез доп. VII Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених, 27-29 квітня 2015 р. Дніпропетровськ : УДХТУ, 2015. С. 17-18.

РОЗДІЛ 6

ВПЛИВ ДОБАВОК ДО СУБСТРАТУ НА КУЛЬТУРАЛЬНО-МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСТУ ТА ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ ШТАМІВ *Pl. OSTREATUS* У ПРОЦЕСІ ЇХ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

6.1. Культурально-морфологічні характеристики росту *Pl. ostreatus* на субстратах з добавками

6.1.1. Культурально-морфологічні показники росту *Pl. ostreatus* на субстратах з мінеральними добавками

Параметри росту *Pl. ostreatus* IBK-549, IBK-551 та IBK-1535 на субстратах з різними мінеральними добавками представлені у таблиці 6.1.

Аналізуючи дані таблиці 6.1, можна зробити наступні спостереження. Термін появи примордіїв варіював у залежності від штаму гриба від 15 до 26 діб на соняшниковому лушпинні та від 17 до 28 діб на соломі ячменю. Додавання солей Ca^{2+} (концентрація 10^{-2} та 10^{-3} %, усі штами), Cu^{2+} (10^{-4} та 10^{-5} %, штам IBK-549), Mg^{2+} (10^{-2} %, штам IBK-549), SeO_3^{2-} (10^{-5} та 10^{-6} %, штами IBK-551 та IBK-1535) та «Аватар-1» (10^{-2} та 10^{-3} %, штами IBK-551 та IBK-1535) до соняшникового лушпиння, а також солей SeO_3^{2-} (10^{-5} та 10^{-6} %, усі штами), Fe^{2+} (10^{-4} %, штам IBK-1535), «Аватар-1» (10^{-2} %, штами IBK-551 та IBK-1535) до соломи ячменю скорочувало термін появи примордіїв на 2-4 доби порівняно з контролем.

Зразки отриманих нами плодових тіл *Pl. ostreatus* різних штамів, культивовані на соняшниковому лушпинні, наведені на рисунку 6.1, соломі ячменю – на рисунку 6.2.

За морфологічними ознаками міцелій *Pl. ostreatus* усіх досліджених штамів був білий, пухнастий, більш щільний на соняшниковому лушпинні.

Таблиця 6.1. Культурально-морфологічні показники росту штамів *Pl. ostreatus* на субстратах з мінеральними добавками

Мінеральна добавка	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плононосіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плононосіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плононосіння, г/100 г	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плононосіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плононосіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плононосіння, г/100 г
	Соняшникове лушпиння					Солома ячменю				
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-549									
Контроль	18-20	26-32	12,4 ± 0,6	11,4 ± 0,8	2,3 ± 0,2	17-20	26-32	12,7 ± 1,4	14,1 ± 2,4	4,0 ± 1,2
Ca10 ⁻² %	16-17	25	23,8 ± 0,6*	11,5 ± 0,4	4,1 ± 0,2*	25	36	11,2 ± 0,3	13,1 ± 0,4	3,4 ± 0,2
Ca10 ⁻³ %	16	25-27	24,0 ± 0,8*	9,9 ± 0,1	3,2 ± 0,3	23	32	10,3 ± 0,6	13,9 ± 0,3	3,6 ± 0,4
Mg10 ⁻² %	16	31-34	15,1 ± 1,6	14,2 ± 2,0	3,7 ± 0,4*	20	32	11,5 ± 0,6	16,2 ± 0,6	7,9 ± 0,6*
Mg10 ⁻³ %	17-19	28-31	15,8 ± 1,6	12,0 ± 0,7	2,9 ± 0,3	19-20	33-34	12,1 ± 1,1	14,6 ± 0,8	6,1 ± 0,5
Fe10 ⁻³ %	18	32	12,4 ± 1,0	10,3 ± 0,3	3,1 ± 0,4	21-22	29-31	10,0 ± 1,9	14,5 ± 1,8	3,9 ± 0,5
Fe10 ⁻⁴ %	19-20	33	10,4 ± 0,2*	9,1 ± 0,2*	2,9 ± 0,1	18-19	33	13,6 ± 1,4	11,1 ± 0,4	4,3 ± 0,3
Mn10 ⁻³ %	18-20	31-32	17,1 ± 0,6*	11,4 ± 1,0	2,0 ± 0,2	18-19	32	12,7 ± 0,9	20,8 ± 0,9	6,6 ± 0,6
Mn10 ⁻⁴ %	18	31-34	16,9 ± 0,6*	10,2 ± 0,7	2,1 ± 0,3	18-19	32	13,3 ± 0,3	20,1 ± 0,5	9,1 ± 0,6*
Zn10 ⁻⁴ %	19-21	35	13,1 ± 0,6	13,9 ± 1,2	2,5 ± 0,2	19-20	33	18,2 ± 0,5	14,3 ± 0,6	7,0 ± 0,2
Zn10 ⁻⁵ %	19-20	32	20,0 ± 1,0*	11,4 ± 0,6	1,9 ± 0,3	20-21	34-35	12,4 ± 1,1	12,6 ± 1,0	4,5 ± 0,2
Cu10 ⁻⁴ %	16	27-29	13,1 ± 0,6	11,4 ± 0,3	3,3 ± 0,6	24	32	17,3 ± 0,5*	21,2 ± 0,8*	4,4 ± 0,2
Cu10 ⁻⁵ %	16	25-27	20,0 ± 1,0*	11,9 ± 0,3	2,6 ± 0,1	24	32	18,2 ± 0,5*	19,9 ± 0,2	5,6 ± 0,3
Se10 ⁻⁵ %	19-21	28-29	15,8 ± 1,7	10,8 ± 0,3	2,9 ± 0,2	17	25	15,8 ± 0,6	20,1 ± 0,5	5,1 ± 0,2

Продовження табл. 6.1

Se10 ⁻⁶ %	20-22	29-32	15,6 ± 0,8*	10,3 ± 0,3	2,9 ± 0,3	17	25	14,8 ± 0,3	17,6 ± 0,8	4,3 ± 0,1
КМД10 ⁻² %	18-20	36-38	19,1 ± 1,2*	10,5 ± 0,4	2,8 ± 0,2	19-20	38-42	11,2 ± 0,3	12,1 ± 0,6	4,0 ± 0,3
КМД10 ⁻³ %	17	25	15,8 ± 0,8*	9,6 ± 0,5	3,1 ± 0,3	19	29	12,1 ± 0,3	13,4 ± 0,8	3,6 ± 0,2
A10 ⁻² %	18-19	28	17,3 ± 1,2*	11,2 ± 0,3	3,3 ± 0,1*	18-19	27-29	17,9 ± 0,8*	13,1 ± 0,5	3,9 ± 0,4
A10 ⁻³ %	17-18	24-29	16,4 ± 0,8*	11,2 ± 0,2	3,0 ± 0,5	18-19	29	14,2 ± 1,1	14,7 ± 1,1	4,5 ± 0,5
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
Контроль	20-24	30-36	12,4 ± 0,8	9,3 ± 0,3	2,7 ± 0,3	20-24	30-35	7,9 ± 0,8	11,3 ± 1,1	5,3 ± 0,8
Ca10 ⁻² %	16	29-32	12,9 ± 0,6	9,3 ± 0,3	3,0 ± 0,3	28	42	5,2 ± 0,8	10,2 ± 0,3	4,4 ± 0,3
Ca10 ⁻³ %	15-16	28	11,8 ± 0,8	10,1 ± 0,2	2,9 ± 0,4	26-27	38-40	6,7 ± 0,8	12,2 ± 0,5	3,9 ± 0,2
Mg10 ⁻² %	21-25	37-41	14,4 ± 2,1	9,6 ± 0,2	4,5 ± 0,6	26	38-41	10,6 ± 0,6	13,9 ± 0,9	4,7 ± 0,2
Mg10 ⁻³ %	21	37-41	15,1 ± 1,7	9,5 ± 0,3	3,5 ± 0,3	23-24	38	11,5 ± 2,1	14,6 ± 0,2	4,7 ± 0,4
Fe10 ⁻³ %	23	34-35	13,1 ± 1,6	10,3 ± 0,9	3,2 ± 0,2	24	32	11,8 ± 0,5*	11,9 ± 0,1	7,8 ± 0,3*
Fe10 ⁻⁴ %	18-20	33-35	13,8 ± 0,8	9,1 ± 0,2	2,8 ± 0,2	20-22	33	11,5 ± 0,6*	11,0 ± 0,4	4,2 ± 0,4
Mn10 ⁻³ %	20	34	19,8 ± 1,0*	10,7 ± 0,8	3,9 ± 0,1*	22-27	38-41	13,9 ± 1,6*	18,3 ± 0,4*	6,1 ± 0,4
Mn10 ⁻⁴ %	21-25	34-38	14,4 ± 0,4	10,2 ± 0,7	2,8 ± 0,1	27	33-35	13,9 ± 0,8*	14,4 ± 0,6	6,3 ± 0,5
Zn10 ⁻⁴ %	24	35	19,8 ± 1,0*	13,9 ± 0,6*	2,8 ± 0,6	24-27	41	10,0 ± 0,5	11,2 ± 0,6	4,2 ± 0,3
Zn10 ⁻⁵ %	21-22	35	24,2 ± 0,6*	11,5 ± 0,7*	2,8 ± 0,2	24-27	41-43	12,4 ± 0,6*	11,4 ± 0,9	3,1 ± 0,3
Cu10 ⁻⁴ %	16-19	29-30	20,0 ± 1,5*	10,2 ± 0,4	2,8 ± 0,3	26	36-40	7,6 ± 0,8	19,2 ± 0,7*	4,4 ± 0,7
Cu10 ⁻⁵ %	20-21	34-35	24,7 ± 1,0*	10,1 ± 1,0	2,8 ± 0,2	27-29	40-43	5,8 ± 0,8	16,4 ± 0,1*	4,8 ± 0,3
Se10 ⁻⁵ %	18	28	11,8 ± 0,8	9,5 ± 0,4	3,6 ± 0,4	20	29	13,0 ± 1,3*	13,1 ± 0,8	7,5 ± 0,8
Se10 ⁻⁶ %	18-22	32	10,9 ± 0,8	9,6 ± 0,4	4,1 ± 0,8	20	32-35	12,7 ± 1,4*	12,1 ± 0,6	4,6 ± 0,5
КМД 10 ⁻² %	18-20	28-31	12,7 ± 1,4	8,7 ± 0,4	3,1 ± 0,1	17-19	31-32	9,7 ± 1,1	10,4 ± 0,4	5,3 ± 0,9
КМД 10 ⁻³ %	20-21	32-34	13,3 ± 0,7	9,2 ± 0,4	2,7 ± 0,2	21-22	31-35	12,4 ± 1,8	11,4 ± 0,5	5,2 ± 0,6
A 10 ⁻² %	16-18	28-30	12,7 ± 0,4	10,6 ± 0,5	3,4 ± 0,3	17	29-32	11,5 ± 1,1	12,0 ± 0,2	4,6 ± 0,3
A 10 ⁻³ %	19-20	29-34	14,2 ± 0,8	10,2 ± 0,4	3,2 ± 0,3	20-21	32	13,0 ± 0,6*	11,6 ± 0,5	6,0 ± 0,3

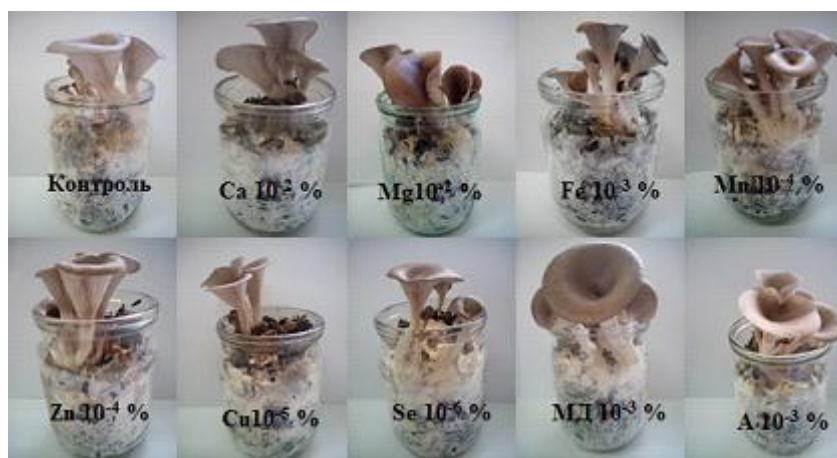
Продовження табл. 6.1

	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535									
Контроль	22-26	32-36	16,7 ± 0,8	8,5 ± 0,4	4,0 ± 0,4	22-24	34-40	9,4 ± 1,5	11,3 ± 0,5	4,9 ± 0,3
Ca10 ⁻² %	17-19	34-36	25,1 ± 0,2*	10,6 ± 0,7	4,2 ± 0,5	25-27	40-42	11,5 ± 2,6	16,6 ± 1,1*	5,3 ± 0,5
Ca10 ⁻³ %	16-17	32	20,0 ± 0,4*	9,0 ± 0,2	3,4 ± 0,1	27-28	40	14,8 ± 1,1	17,1 ± 1,4*	4,5 ± 0,2
Mg10 ⁻² %	19-23	41-42	17,1 ± 1,9	8,8 ± 0,3	3,6 ± 0,4	25-26	38-46	9,4 ± 0,8	11,6 ± 0,2	3,9 ± 0,3
Mg10 ⁻³ %	21-25	41-42	18,2 ± 1,7	9,2 ± 0,4	3,4 ± 0,2	24	38-46	13,3 ± 1,1	12,6 ± 0,4	5,0 ± 0,5
Fe10 ⁻³ %	21	39	26,0 ± 1,0*	9,5 ± 0,2	4,3 ± 0,3	22-24	37	23,6 ± 2,9*	11,5 ± 0,1	6,1 ± 0,6
Fe10 ⁻⁴ %	19-20	39-42	16,7 ± 0,4	8,2 ± 0,2	2,9 ± 0,2	20-22	34-38	15,8 ± 0,3*	10,0 ± 0,3	4,3 ± 0,2
Mn10 ⁻³ %	21-24	39	15,8 ± 2,1	7,4 ± 0,4	3,4 ± 0,1	24-25	41	8,8 ± 0,8	18,6 ± 1,1*	8,0 ± 0,4*
Mn10 ⁻⁴ %	21-23	39	17,6 ± 0,2	7,4 ± 0,3	4,3 ± 0,2	24-25	42	14,8 ± 0,8*	17,0 ± 0,4*	5,1 ± 0,3
Zn10 ⁻⁴ %	21-22	40	25,1 ± 1,0*	10,4 ± 1,4	4,4 ± 0,4	23	38-41	9,7 ± 0,3	11,1 ± 0,3	5,7 ± 0,2
Zn10 ⁻⁵ %	21-22	40-42	24,7 ± 1,0*	9,6 ± 0,4	4,3 ± 0,2	23-25	41	8,2 ± 0,5	10,4 ± 0,6	4,8 ± 0,6
Cu10 ⁻⁴ %	21	34	24,4 ± 0,6*	8,2 ± 0,2	4,1 ± 1,0	28	40-46	8,8 ± 0,6	15,0 ± 0,8*	5,7 ± 0,4
Cu10 ⁻⁵ %	19-20	32-34	24,0 ± 0,7*	9,0 ± 0,6	4,7 ± 0,7	28-30	42	13,6 ± 1,4	15,8 ± 1,2*	5,8 ± 0,5
Se10 ⁻⁵ %	17-18	28-29	24,0 ± 1,5*	10,6 ± 0,5*	3,6 ± 0,2	20-21	31-35	12,1 ± 0,8	11,5 ± 0,4	5,8 ± 0,5
Se10 ⁻⁶ %	18-19	28-32	27,6 ± 0,6*	10,0 ± 0,4	5,1 ± 0,7	21	35-37	16,1 ± 0,3*	11,6 ± 0,3	9,5 ± 0,4*
КМД 10 ⁻² %	18-20	30-34	20,0 ± 1,0	9,5 ± 0,5	2,8 ± 0,2	18-20	31-35	11,2 ± 1,3	12,2 ± 0,7	3,6 ± 0,1*
КМД 10 ⁻³ %	20-21	32-34	24,7 ± 1,2*	9,9 ± 0,2*	2,7 ± 0,3	22-23	32-35	9,7 ± 1,7	14,3 ± 1,3	7,6 ± 0,6*
A 10 ⁻² %	18-20	30-36	12,4 ± 1,8	8,8 ± 0,4	3,3 ± 0,2	19-20	30-36	10,3 ± 0,8	11,1 ± 0,6	4,2 ± 0,8
A 10 ⁻³ %	19-20	31-34	14,4 ± 1,2	7,7 ± 0,4	4,7 ± 0,4	24	37-41	11,8 ± 0,9	10,9 ± 0,4	5,7 ± 0,3

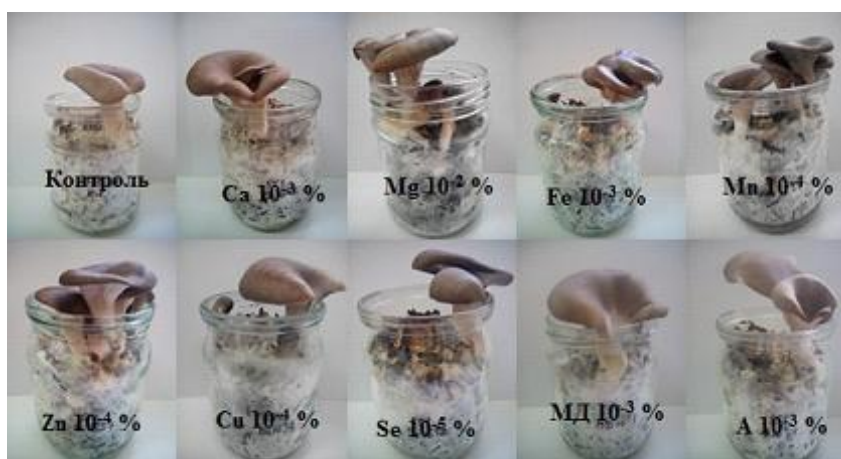
Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$

Особливої різниці у морфології отриманих плодових у межах штаму на субстратах з мінеральними добавками не відмічено.

**Штам
ІВК-549**



**Штам
ІВК-551**



**Штам
ІВК-1535**

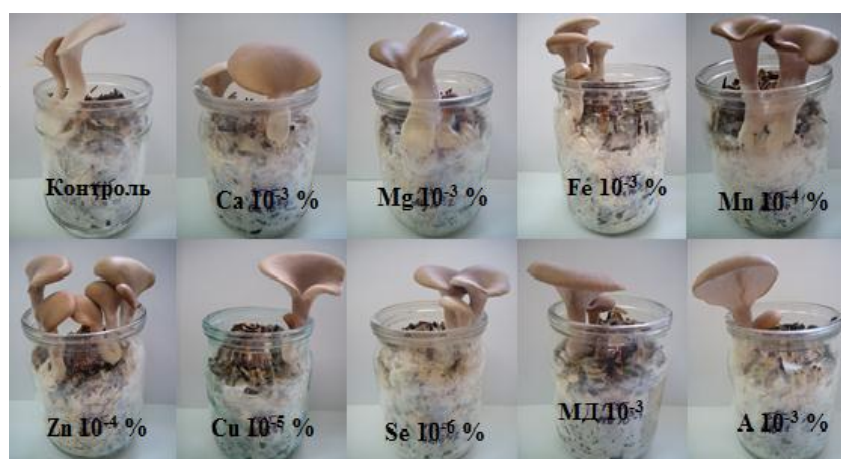
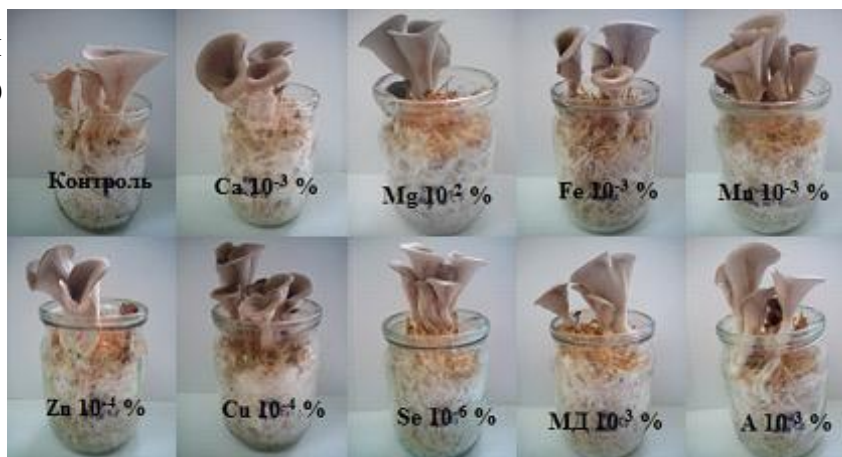


Рис. 6.1. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, отримані на соняшниковому лушпинні з мінеральними добавками

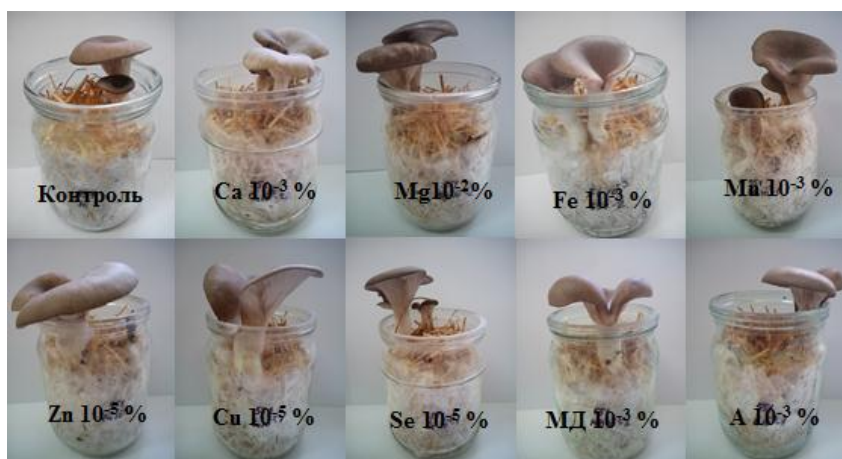
Варіювання термінів і хвилі плодоношення спостерігали для різних штамів у діапазоні 25-42 доби на лушпинні соняшника та 26-46 діб на соломі ячменю.

Встановлено достовірне скорочення терміну плодоношення на субстратах з використанням мінеральних добавок: «Аватар-1» (концентрація 10^{-2} та 10^{-3} %), селен (10^{-5} %), кальцій (10^{-2} та 10^{-3} %), купрум (10^{-4} та 10^{-5} %) та ферум (10^{-3} %) у середньому на 8,3-33,3 %.

**Штам
ІВК-549**



**Штам
ІВК-551**



**Штам
ІВК-1535**

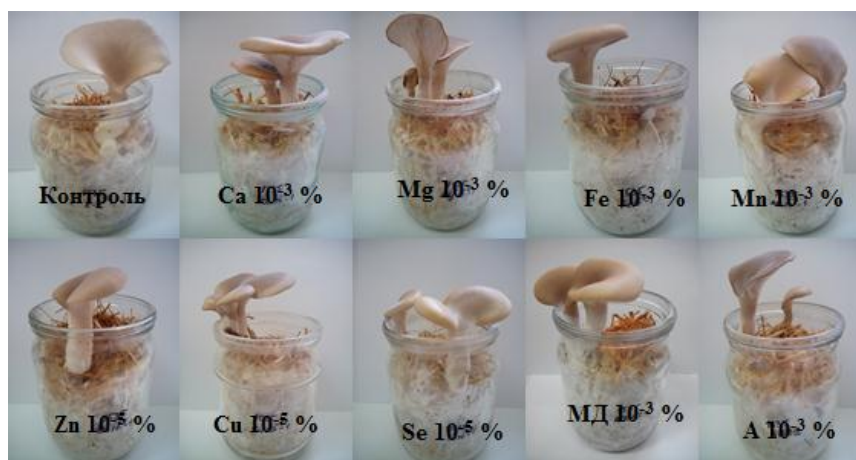


Рис. 6.2. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, отримані на соломі ячменю з мінеральними добавками

Під час культивування на соняшниковому лушпинні спостерігали достовірне збільшення кількості грибних зростків за додавання у субстрат солей цинку та купруму (10^{-4} та 10^{-5} %, усі штами) – у 1,6-2,0 рази, кальцію (10^{-2} та 10^{-3} %, штами IBK-549 та IBK-1535) – у 1,2-2,0 рази, мангану (10^{-3} та 10^{-4} %, штами IBK-549 та IBK-551) – у 1,4-1,6 рази, феруму (10^{-3} %, штам IBK-1535) та селену (10^{-5} та 10^{-6} %, штам IBK-1535) – у 1,4-1,7 рази, «Аватар-1» та КМД (10^{-2} та 10^{-3} %, штам IBK-549) – у 1,3-1,5 рази порівняно з контролем. Під час вирощування грибів на соломі ячменю достовірне збільшення кількості зростків відмічено за додавання до субстрату солей цинку (10^{-5} %, штам IBK-551), феруму (10^{-3} та 10^{-4} %, штами IBK-551 та IBK-1535), купруму (10^{-4} та 10^{-5} %, штам IBK-549), мангану (10^{-3} та 10^{-4} %, штам IBK-551), «Аватар-1» (10^{-2} %, штам IBK-551) та селену (10^{-5} та 10^{-6} %, штами IBK-551 та IBK-1535) – у середньому у 1,4-2,5 рази.

Досліджені мінеральні добавки суттєво не вплинули на вихід плодових тіл за субстратом під час культивування на соняшниковому лушпинні. Лише додавання до субстрату солей цинку у концентрації 10^{-4} % (штам IBK-551) та селену у концентрації 10^{-5} % (штам IBK-1535) достовірно сприяло збільшенню виходу плодових тіл за субстратом у 1,3-1,5 рази. На соломі ячменю за додавання солей мангану та купруму (штами IBK-551 та IBK-1535) вихід за субстратом збільшився у 1,5-1,8 рази; кальцію (штам IBK-1535) – у 1,5 рази.

Таким чином, отримані нами дані щодо культурально-морфологічних показників росту штамів *Pl. ostreatus* на субстратах, збагачених мінеральними добавками, підтверджують результати багатьох дослідників [55, 195, 199, 214-224].

6.1.2. Культурально-морфологічні показники росту *Pl. ostreatus* на субстратах з добавками рослинних олій

Параметри росту штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю з добавками рослинних олій представлені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Культурально-морфологічні показники росту штамів *Pl. ostreatus* на субстратах з добавками рослинних олій

Варіант субстрату	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г
	Соняшникове лушпиння					Солома ячменю				
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-549									
	Контроль	18-20	25-27	12,2±0,7	9,2±0,4	3,4±0,2	17	25-27	14,8±1,6	13,0±0,6
СО 1%	18	25	11,6±1,4	10,8±0,4*	3,8±0,3	17-18	25	12,7±1,1	13,0±0,4	5,6±1,0
СО 5%	18-20	25	10,4±0,7	10,9±0,4*	4,2±0,5	18	25-27	15,5±2,3	14,9±0,9	5,5±0,5
КО 1%	19-20	25	17,1±1,0	12,7±0,5*	3,4±0,4	16-17	24-25	18,5±1,0	13,9±0,7	5,6±0,8
КО 5%	20	25	15,1±2,0	10,5±0,3*	3,9±0,4	18-19	24-28	15,2±0,4	12,4±0,5	9,1±1,1*
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551									
Контроль	20-22	27-28	10,4±0,5	9,0±0,4	3,1±0,3	22-23	29	19,7±2,6	11,6±0,3	4,4±0,3
СО 1%	18-20	28	13,8±1,8	10,2±0,2*	3,7±0,3	18-20	28-29	13,0±2,1	13,1±0,4*	4,7±0,2
СО 5%	20-22	28-32	11,6±2,0	11,9±0,6*	3,4±0,1	20-22	27-29	15,8±2,6	13,2±0,4*	5,9±1,2
КО 1%	19-21	25	14,2±1,0*	10,8±0,4*	3,5±0,1	19-20	28	14,8±0,4	15,4±1,2*	4,8±0,4
КО 5%	21-23	25-29	8,9±0,7	11,4±0,5*	4,0±0,4	23	30	19,7±1,0	16,8±1,8*	6,1±0,4*
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535									
Контроль	24-28	30-36	8,4±0,3	7,8±0,5	3,5±0,4	22-24	30-34	8,8±0,7	11,4±1,5	5,4±0,4
СО 1%	22	29	11,1±0,3*	9,7±0,3*	3,3±0,1	22	32-36	16,7±1,0*	14,9±1,6	4,9±0,4
СО 5%	25-26	32-36	14,9±1,5*	10,6±0,5*	3,5±0,4	22	29-36	14,5±1,3*	14,2±0,5	5,4±1,1
КО 1%	30	39	11,8±0,3*	11,3±0,4*	4,1±0,4	25	30-34	18,5±0,4*	12,8±0,5	5,3±0,3
КО 5%	25-29	30-36	8,4±0,7	10,8±0,1*	4,0±0,4	25-26	33-36	20,6±2,7*	17,1±0,8*	4,9±0,3

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно із контролем для $P < 0,05$; СО – соняшникова олія; КО – кукурудзяна олія

Термін обростання субстрату міцелієм склав на досліджуваних субстратах від 6 до 7 діб, отже суттєвої різниці цього показника виявлено не було. За морфологічними ознаками міцелій *Pl. ostreatus* усіх досліджених штамів був білий, пухнастий, більш щільний на соняшниковому лушпинні. Термін появи примордіїв варіював у залежності від штаму гриба від 18 до 30 діб та особливо не відрізнявся на різних варіантах субстратів у межах штаму від контролю.

Також не було виявлено суттєвого впливу рослинних олій при додаванні їх до субстратів на терміни плодоношення у порівнянні з контролем.

Зразки плодових тіл *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах із додаванням соняшnikової та кукурудзяної олій, представлені на рисунку 6.3.

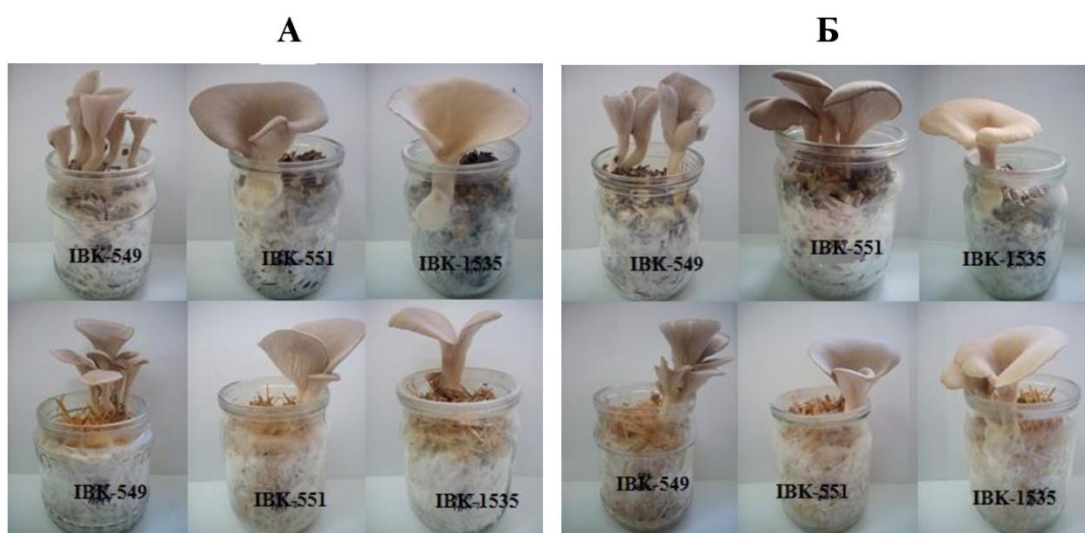


Рис. 6.3. Зразки плодових тіл різних штамів *Pl. ostreatus*, культивовані на субстратах з додаванням соняшnikової олії (А) та кукурудзяної олії (Б) (верхній ряд: субстрат – соняшnikове лушпиння; нижній ряд: субстрат – солома ячменю)

Як видно з рисунку 6.3, плодові тіла, отримані на різних варіантах субстрату у межах штаму гриба, морфологічно не відрізнялися. Карпофори *Pl. ostreatus* IBK-549 мали довгі ніжки (4-6 см), невелику шапинку світло-сіро-коричневого кольору (діаметр 4-6 см) та дуже ніжну м'якоть. Шапинки *Pl. ostreatus* IBK-551 більші (діаметр 4-8 см), сіро-коричневого кольору, ніжки коротші (2-3 см), м'якоть дуже щільна та пружна. У *Pl. ostreatus* IBK-1535

шاپинки жовто-коричневого кольору (діаметр 5-8 см), щільні, м'ясисті, пружні, ніжка довга (3-5 см).

Результати досліджень показали збільшення кількості зростків на соняшниковому лушпинні з додаванням кукурудзяної олії у концентрації 1 % для усіх штамів. Штам IBK-1535 утворив у 1,3-2,3 раза більше зростків на обох субстратах з добавками рослинних олій в обох концентраціях порівняно з контролем.

Також слід зазначити, що вихід за субстратом I хвилі плодоносіння був у 1,1-1,4 раза вищий для всіх штамів, вирощених на лушпинні соняшника з додаванням і соняшникової, і кукурудзяної олій у порівнянні з контролем. На соломі ячменю збільшення виходу грибів за субстратом першої хвилі спостерігалось для штамів IBK-551 (у 1,1-1,4 раза) та IBK-1535 (у 1,1-1,5 раза).

6.1.3. Культурально-морфологічні показники росту *Pl. ostreatus* на субстратах з комплексними добавками

При використанні комплексних добавок термін обростання субстрату міцелієм для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* склав 6-8 діб та суттєво не залежав від використаних добавок. Міцелій був білий, пухнастий, більш щільний на соняшниковому лушпинні.

Зразки отриманих плодових тіл *Pl. ostreatus* різних штамів, отриманих при культивуванні на соняшниковому лушпинні, наведені на рисунку 6.4, соломі ячменю – на рисунку 6.5.

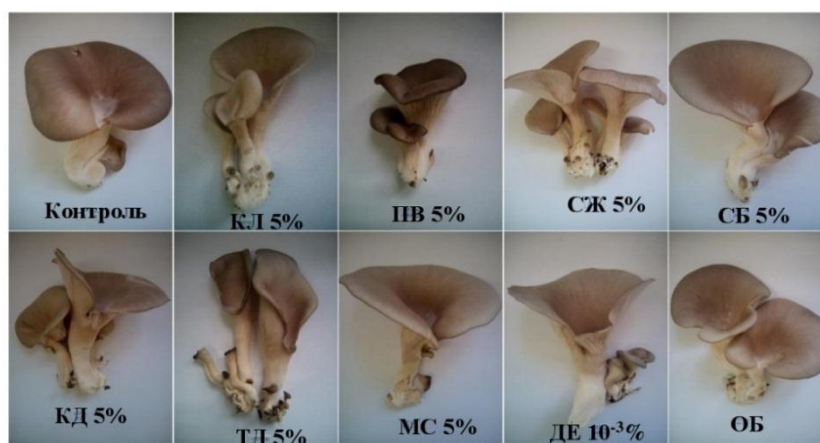
При аналізі представлених рисунків видно, що плодові тіла *Pl. ostreatus*, культивовані на субстратах з різними комплексними добавками, морфологічно суттєво не відрізнялися у межах штаму від контролю.

Параметри росту штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з комплексними добавками, представлені у таблиці 6.3.

**Штам
ІВК-549**



**Штам
ІВК-551**



**Штам
ІВК-1535**

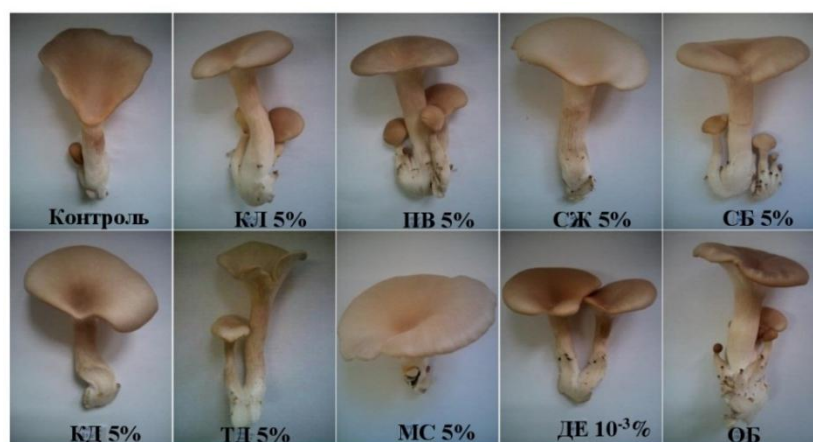


Рис. 6.4. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з комплексними добавками

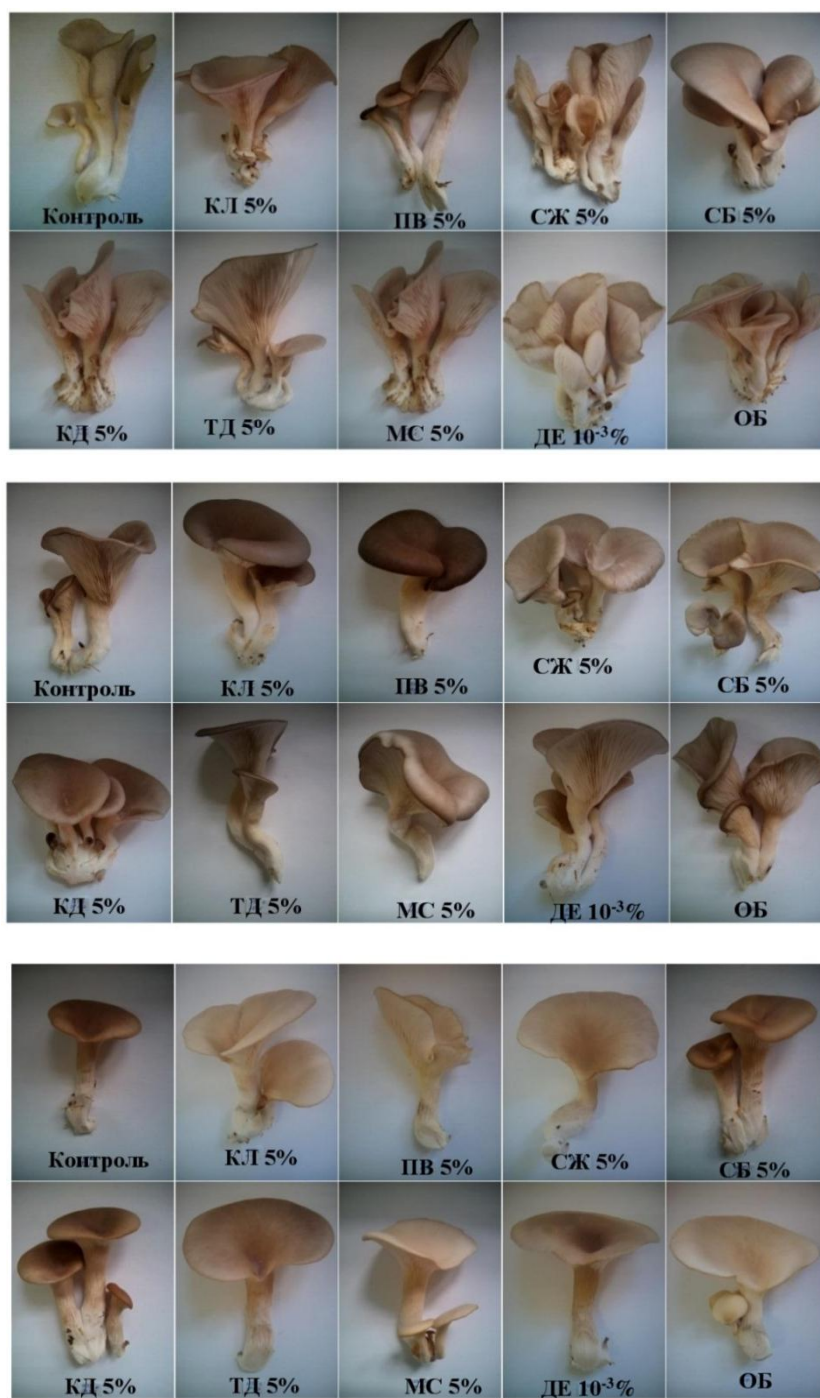


Рис. 6.5. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з комплексними добавками

Таблиця 6.3. Культурально-морфологічні показники росту штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з комплексними добавками

Варіант субстрату	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г
	Соняшникове лушпиння					Солома ячменю				
	Pl. ostreatus, штам IBK-549									
Контроль	14-16	20	18,0±1,8	9,2±0,2	3,9±0,1	13-14	19-20	17,3±1,9	10,8±0,5	5,8±0,2
КЛ 1%	12-13	18-20	25,3±2,0	18,4±1,5*	4,9±0,6	13	19	16,1±1,6	15,0±1,0*	6,4±0,7
КЛ 5%	12	19	30,4±1,4*	22,6±0,6*	5,7±0,5*	13	19	23,9±1,1*	16,6±0,9*	7,6±2,2
ПВ 1%	15-17	25	10,9±0,2*	9,4±0,4	3,0±0,2*	17-19	25	16,4±1,4	11,2±0,2	4,4±0,2*
ПВ 5%	15-16	24-25	10,4±0,4*	9,7±0,5	3,2±0,2*	16-19	25-27	31,2±1,7*	14,6±1,0*	4,7±0,3*
СЖ 1%	13-14	19-20	16,9±1,6	14,3±0,3*	3,7±0,2	11-12	17-19	14,2±1,1	21,0±1,4*	4,6±0,4*
СЖ 5%	13-14	19	15,1±0,6	16,0±1,5*	3,8±0,2	12	17	23,3±1,3	26,0±0,8*	6,4±0,5
СБ 1%	13	19-20	21,1±0,8	20,1±0,4*	3,8±0,3	14-16	20	16,7±0,3	27,5±0,9*	5,0±0,3
СБ 5%	14	20	22,0±1,7	20,7±0,9*	3,9±0,2	14-15	20	20,0±2,1	26,5±1,4*	5,0±0,3
КД 1%	13	19	19,6±2,5	13,0±0,5*	3,3±0,2	12-13	16-19	29,4±1,1*	19,5±1,5*	6,8±0,8
КД 5%	12-13	18	17,1±8,6	15,3±0,6*	4,0±0,1	13-14	19	29,7±2,1*	20,2±1,2*	6,5±0,6
ТД 1%	13-15	18	14,0±1,8	13,0±0,4*	3,5±0,2	12-13	18	15,2±1,6	17,4±1,4*	6,1±1,2
ТД 5%	15-17	23-25	16,9±0,4	10,6±0,3*	4,5±0,7	13-14	18-19	15,2±1,8	19,9±1,0*	5,4±0,1
МС 1%	13-14	27	16,2±0,6	10,4±0,5	3,4±0,3	16	27	11,2±0,8*	14,8±1,1*	5,9±0,6
МС 5%	14	25	19,1±0,4	11,5±0,5*	3,7±0,2	16-17	27	11,5±0,8*	15,6±0,8*	5,3±0,4
ДЕ 10 ⁻² %	13-15	23	13,3±1,7	12,4±0,7*	3,2±0,2*	15-16	23-25	15,8±1,1	16,9±0,6*	5,5±0,5
ДЕ 10 ⁻³ %	13-15	23	15,8±0,2	14,0±0,9*	3,2±0,3	14-16	23-25	16,7±0,6	18,8±1,5*	5,3±0,2
ОБ	19-20	25	19,6±1,0	12,1±0,6*	4,4±0,7	11-13	17-19	10,3±0,8*	22,8±0,7*	5,1±0,2*

Продовження табл. 6.3

	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551									
Контроль	16-19	26	13,8±1,0	9,9±0,2	3,1±0,2	14-17	23-26	14,6±1,4	14,0±0,4	5,1±0,3
КЛ 1%	16	22	10,2±1,0	15,5±0,8*	5,6±0,6*	15	22	10,9±0,5	17,9±0,5*	6,4±1,2
КЛ 5%	15	19	11,8±1,4	18,5±1,0*	5,3±0,3*	14-15	19-20	12,4±1,7	23,6±1,2*	6,5±0,5
ПВ 1%	18	25-32	15,1±1,2	10,8±0,2*	3,5±0,2	16	22	16,1±1,1	14,6±0,5	5,3±0,3
ПВ 5%	21-22	28-30	11,6±0,6	9,5±0,1	3,7±0,3	16-18	25-27	15,2±0,6	13,2±0,4	4,9±0,3
СЖ 1%	16	21	22,7±1,3*	17,6±0,5*	3,9±0,3	12-15	23-28	19,1±1,4	24,2±1,0*	5,4±0,4
СЖ 5%	16	22	19,6±0,2*	18,7±0,7*	3,7±0,2	15-16	20-26	14,8±0,8	26,2±0,7*	5,5±0,5
СБ 1%	16	21-22	11,6±0,4	17,9±0,6*	3,9±0,3	18	26	14,2±0,3	23,9±1,0*	5,1±0,3
СБ 5%	16-17	29	11,8±0,8	16,4±0,3*	3,6±0,1	17	23-27	13,9±0,3	26,0±1,4*	5,3±0,3
КД 1%	14-15	19	11,1±1,2	13,1±0,4*	4,7±0,5*	15-16	20-26	11,2±1,3	19,0±1,0*	5,9±0,8
КД 5%	15	20	10,4±0,4*	12,8±0,3*	5,4±1,0	15-16	20-21	13,6±0,5	18,0±0,9*	7,5±0,7*
ТД 1%	14-16	19-25	7,8±0,2*	13,3±0,4*	3,6±0,3	16	25	12,1±0,3	14,6±0,4	5,6±0,9
ТД 5%	17-18	25-29	9,6±0,8*	12,6±1,7	3,8±0,2	16	22	13,3±0,6	17,2±0,5*	5,6±0,6
МС 1%	18	26-33	10,4±0,4*	14,9±0,6*	4,0±0,3	19	28-32	9,7±0,6*	17,7±0,5*	6,9±1,1
МС 5%	16-18	23-24	9,3±0,4*	10,5±0,5	3,4±0,1	18-20	26-28	9,4±0,8*	15,7±0,7	5,1±0,6
ДЕ 10 ⁻² %	19-21	27-29	10,9±0,6	13,1±0,6*	3,4±0,1	16-19	25	16,1±0,8	14,7±0,6	4,8±0,2
ДЕ 10 ⁻³ %	18-20	26-28	10,4±0,6*	12,0±0,3	3,5±0,1	18	25	11,8±0,5	14,8±1,1	6,2±1,8
ОБ	17-19	25	12,0±1,0	12,5±0,6*	4,3±0,6	13-16	19-23	11,5±0,6	19,5±0,5*	5,6±0,6
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535									
Контроль	15-16	24-26	12,4±0,8	10,4±0,4	3,4±0,1	16-18	24-27	7,9±1,1	13,5±0,6	4,4±0,4
КЛ 1%	14-15	19-20	14,0±1,2	14,7±1,0*	5,3±1,0	16-18	28	11,2±1,3	16,5±2,8	6,1±1,3
КЛ 5%	13	19	17,8±0,8*	17,9±0,7*	5,8±0,6*	14-15	19-22	20,3±1,1*	20,2±1,2*	5,8±0,9
ПВ 1%	18	25-29	19,1±1,4*	11,6±0,3	4,1±0,3	18-19	30	22,4±1,6*	13,2±0,4	4,8±0,3
ПВ 5%	16-18	24-27	20,7±1,4*	12,7±0,2*	6,5±1,1	16-17	25	33,0±2,9*	16,3±0,4*	7,7±0,8*
СЖ 1%	16-18	24-26	21,1±1,6*	14,3±0,9*	3,5±0,2	18-21	28-36	12,4±1,7	22,0±1,1*	5,6±0,4
СЖ 5%	16-17	24-26	16,7±1,0*	14,5±0,8*	3,6±0,2	19-21	28-34	15,5±1,4*	24,5±1,9*	7,3±1,4
СБ 1%	20-23	26-29	20,7±1,4*	15,5±0,6*	4,8±0,8	17-18	27-36	14,2±0,3*	20,9±0,8*	4,7±0,4
СБ 5%	18	22-26	20,0±2,0*	15,5±0,7*	4,1±0,3	18-19	26-30	17,3±2,3*	23,0±1,5*	5,4±0,3
КД 1%	15	21-26	11,1±0,2	12,0±0,1*	4,8±0,6	15-16	23-24	8,8±1,1	17,3±0,6*	7,1±1,2
КД 5%	15	26	6,7±3,4	13,0±0,2*	4,4±0,2*	15	23-26	10,6±0,8	14,9±0,5	8,0±1,1*

Продовження табл. 6.3

ТД 1%	16-18	24-27	9,8±0,6	11,4±0,4	4,5±0,5	17-18	19-20	9,7±0,6	14,3±0,6	7,1±1,3
ТД 5%	18	22-25	10,9±0,6	9,5±0,1	4,2±0,8	14-16	19-24	10,6±1,1	14,5±1,0	6,3±0,7
МС 1%	17-20	23-28	7,6±0,4*	10,1±0,2	5,0±0,5*	19-21	27-28	9,4±0,8	16,0±1,2	5,7±0,8
МС 5%	18-21	26-33	7,6±0,2*	16,3±0,5*	3,8±0,3	19	26-30	7,0±0,8	16,4±0,8*	6,8±1,2
ДЕ 10 ⁻² %	23	27-28	14,2±0,6	11,2±0,8	3,4±0,1	19-20	28-29	13,3±1,1*	17,5±1,1*	4,6±0,3
ДЕ 10 ⁻³ %	22	27-32	14,4±1,6	10,0±0,3	3,5±0,4	18-20	29-32	16,1±0,3*	19,6±1,9*	4,8±0,3
ОБ	23-26	27-33	10,4±0,8	14,3±0,9*	4,0±0,6	19	27	12,4±1,1*	21,3±0,8*	5,5±0,6

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$; КЛ – кукурудзяні лусочки, ПВ – пшеничні висівки, СЖ – солод житній, СБ – соєве борошно, КД – кора дуба, ТД – тирса деревна, МС – молочна сироватка, ДЕ – дріжджовий екстракт, ОБ – «Органічна біодобавка для грибів»

У термінах появи примордіїв та першої хвилі плодоносіння є певна варіація у залежності від штаму гриба, субстрату та використаних добавок. Для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* відмічено скорочення на 2-3 доби терміну появи примордіїв та I хвилі плодоносіння при використанні таких добавок до субстратів (соняшникове лушпиння та солома ячменю), як кукурудзяні лусочки та кора дуба, порівняно з контролем. Для штаму IBK-549 позитивний вплив на ці параметри росту мав житній солод при культивуванні на обох субстратах. Використання «Органічної біодобавки для грибів» покращувало ростові процеси штамів IBK-549 та IBK-551 при культивуванні на соломі ячменю. Застосування пшеничних висівок, молочної сироватки та дріжджового екстракту у субстратах сприяло збільшенню термінів плодоносіння на 3-5 діб для всіх досліджених штамів порівняно з контролем.

При застосуванні кукурудзяних лусочок у концентрації 5 % до субстратів для штамів IBK-549 та IBK-1535 відмічено збільшення кількості зростків у 1,4-2,6 раза. Для штаму IBK-549 також зафіксована вища у 1,7-1,8 раза кількість зростків при культивуванні на соломі ячменю з додаванням пшеничних висівок (концентрація 5 %) та кори дуба (1 та 5 %). Житній солод у обох концентраціях сприяв підвищенню утворення зростків у 1,3-1,7 раза при культивуванні грибів на соняшниковому лушпинні (штами IBK-551 та IBK-1535) та у концентрації 5 % на соломі ячменю у середньому в 2,0 рази (штам IBK-1535). Для штаму IBK-1535 відмічена у 1,5-4,2 раза більша кількість грибних зростків на досліджених субстратах з добавками пшеничних висівок та соєвого борошна у обох концентраціях, а також при вирощуванні на соломі ячменю з органічною біодобавкою та дріжджовим екстрактом (у 1,6-2,0 рази) порівняно з контролем.

При культивуванні усіх трьох штамів на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю підвищувався вихід за субстратом при додаванні кукурудзяних лусочок, солоду житнього, соєвого борошна у 1,3-2,5 раза, органічної біодобавки – у 1,3-2,1 раза, кори дуба – у 1,2-1,6 раза. Додавання деревної тирси (концентрація 1 % та 5 %) та дріжджового екстракту (10^{-2} та 10^{-3} %), а також молочної сироватки у концентрації 5 %, сприяло збільшенню виходу плодівих

тіл у 1,2-1,8 раза для штаму ІВК-549 при культивуванні на обох субстратах. При вирощуванні штаму ІВК-551 на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю з добавкою молочної сироватки у концентрації 1 % спостерігалось підвищення виходу плодових тіл за субстратом І хвилі плодоносіння у 1,3-1,5 раза порівняно з контролем. Для цього штаму позитивний вплив на вихід плодових тіл на лушпинні соняшника мали пшеничні висівки та деревна тирса у концентрації 1 %, а також дріжджовий екстракт у концентрації 10^{-2} %. При додаванні до обох субстратів пшеничних висівок та молочної сироватки у концентрації 5 % відмічено підвищення виходу за субстратом плодових тіл штаму ІВК-1535 у 1,2-1,6 раза, а також дріжджового екстракту у обох концентраціях до соломи ячменю – у 1,3-1,5 раза.

Таким чином, більшість з використаних у дослідженні комплексних добавок мали позитивний вплив на вихід плодових тіл за субстратом штамів *Pl. ostreatus*.

Отже, отримані нами у процесі дослідження дані щодо впливу більшості з використаних комплексних добавок до субстратів при твердофазному культивуванні штамів *Pl. ostreatus* відповідають результатам деяких дослідників [145, 156, 157, 206-210] щодо впливу зазначених добавок на показники росту та продуктивності інших штамів та видів грибів.

6.2. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками

6.2.1. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з мінеральними добавками

Результати бальної оцінки інтенсивності прояву характерних атрибутів аромату зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю з різними мінеральними добавками представлені у додатку В (табл. В.3 та В.4). Статистична обробка наведених у

таблицях даних свідчить про однорідність сукупності оцінок експертів, адже стандартне відхилення не перевищує ± 1 бал.

Побудовані профілі запаху зразків висушених грибів, отриманих на субстратах з добавками солей кальцію, феруму та селену, представлені на рисунках 6.6-6.8.

Результати сенсорного аналізу зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками солей магнію, мангану, цинку, купруму, а також КМД та «Аватар-1», у вигляді профілів кола представлені у додатку Д.

Отримані дані показують, що при культивуванні штаму IBK-549 на соняшниковому лушпинні зафіксовано достовірне підвищення інтенсивності грибних та м'ясних нот запаху на субстраті з добавками солей кальцію (концентрація 10^{-3} %) – у 1,2-1,3 раза та селену (10^{-5} %) – у 1,1-1,5 раза, штаму IBK-1535 – кальцію (10^{-2} %) – у 1,2-1,7 раза та селену (10^{-5} %) – у 1,2-1,3 раза у порівнянні з контролем. Добавки сульфату феруму (II) позитивно впливали на інтенсивність грибних складових запаху штамів IBK-551 (10^{-4} %) та IBK-1535 (10^{-3} %) при вирощуванні на лушпинні соняшника. Спостерігалось підвищення їх інтенсивності у 1,1-1,2 раза.

Підвищення інтенсивності грибної складової запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* спостерігалось при культивуванні на соломі ячменю з добавками солі Ca (10^{-2} %) – у 1,3 раза та КМД (10^{-2} %) – у 1,1 раза для штаму IBK-549; солі Se (10^{-6} %) та «Аватар-1» (10^{-2} %) – у 1,2 раза для штаму IBK-551; солей Fe (10^{-2} та 10^{-3} %) – у 1,2-1,3 раза та Se (10^{-6} %) – у 1,1 раза для штаму IBK-1535 у порівнянні з контролем. Мінеральні добавки солей кальцію (10^{-2} %), магнію (10^{-2} %) та мангану (10^{-4} %) сприяли збільшенню інтенсивності м'ясних нот запаху у 1,5 раза для штаму IBK-549, культивованого на соломі ячменю. А для штаму IBK-1535 відмічено підвищення інтенсивності м'ясних нот у 1,3-1,7 раза на соломі з добавками солей магнію (10^{-3} %), феруму (10^{-3} %), селену (10^{-5} %) та КМД (10^{-2} %).

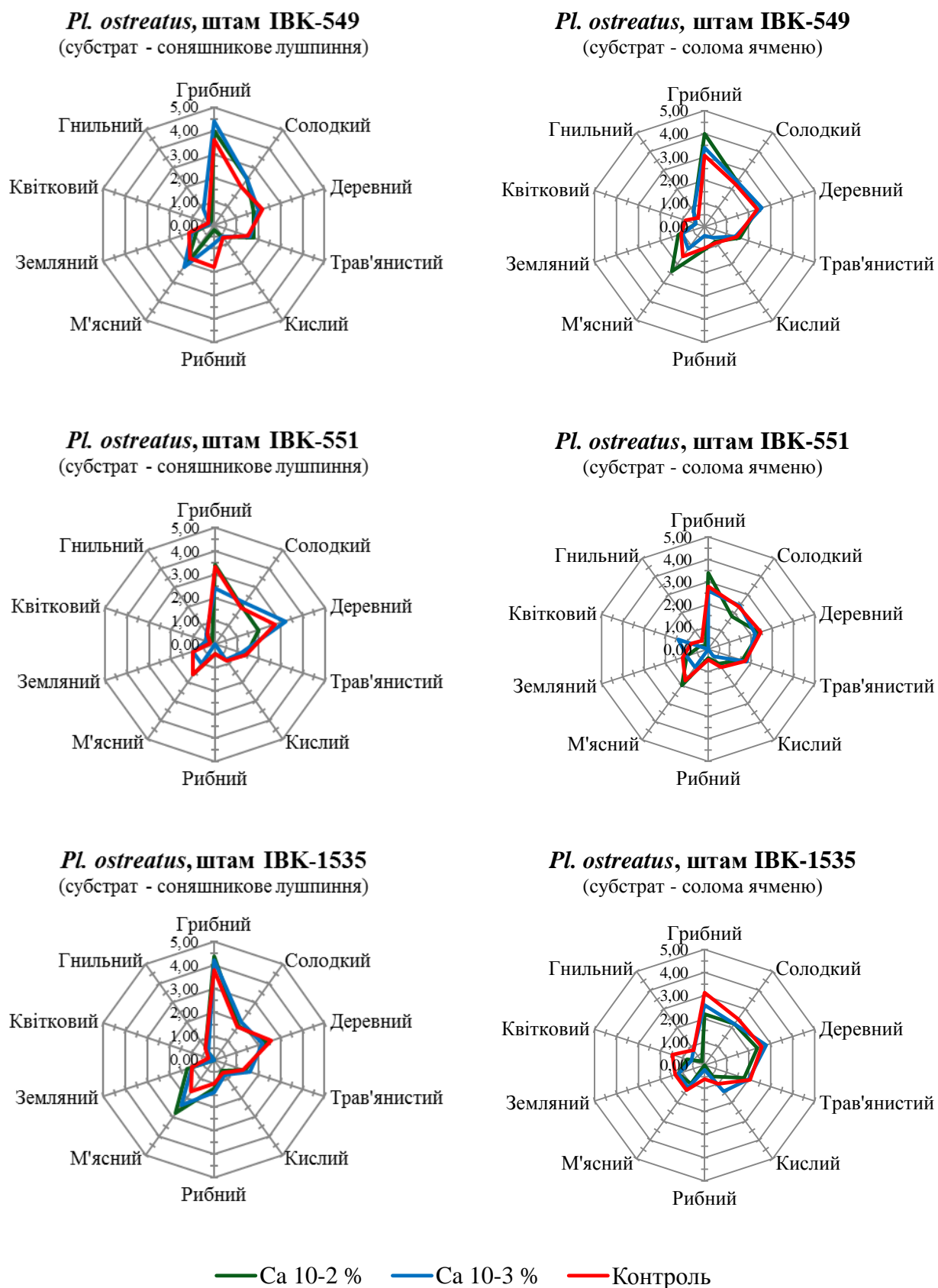


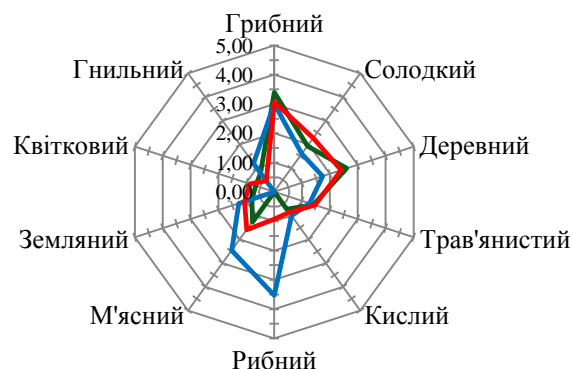
Рис. 6.6. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками кальцію

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**

(субстрат - соняшникове лушпиння)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**

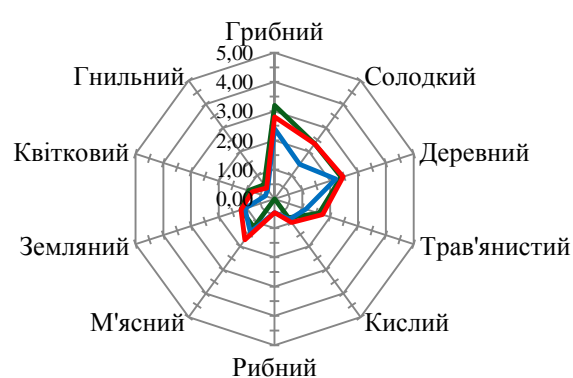
(субстрат - солома ячменю)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**

(субстрат - соняшникове лушпиння)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**

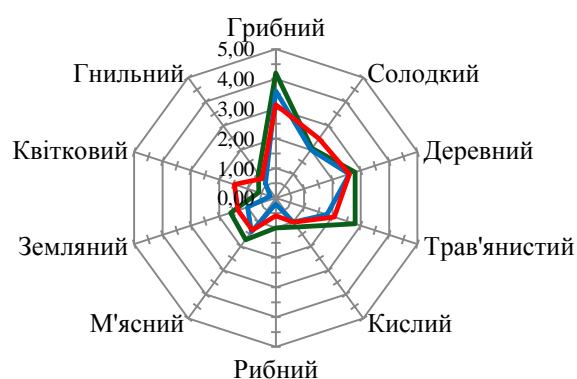
(субстрат - солома ячменю)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**

(субстрат - соняшникове лушпиння)

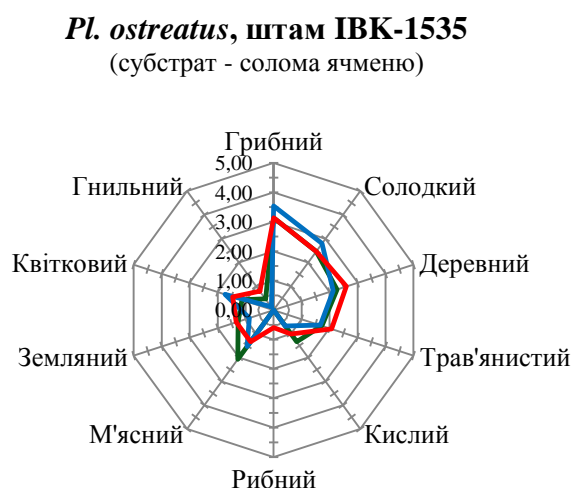
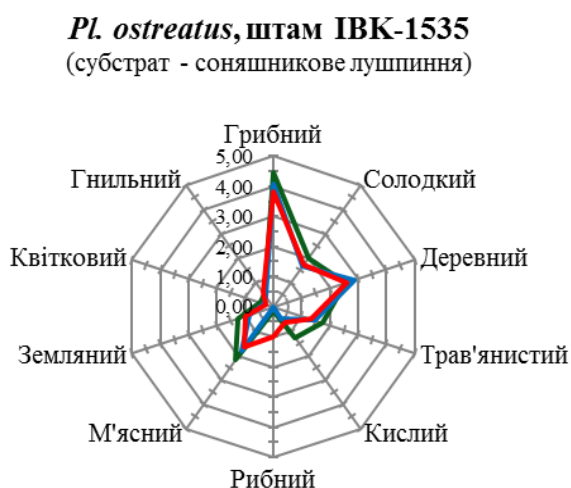
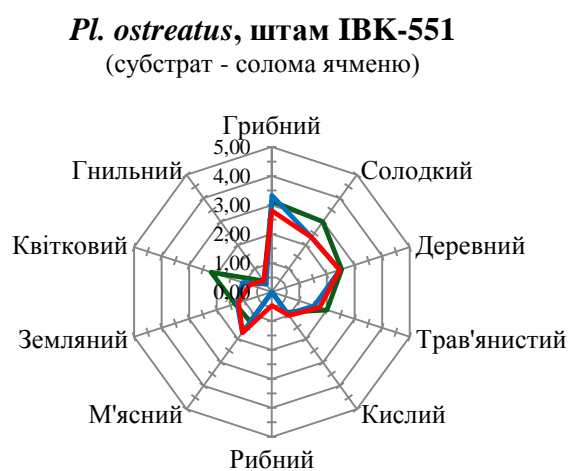
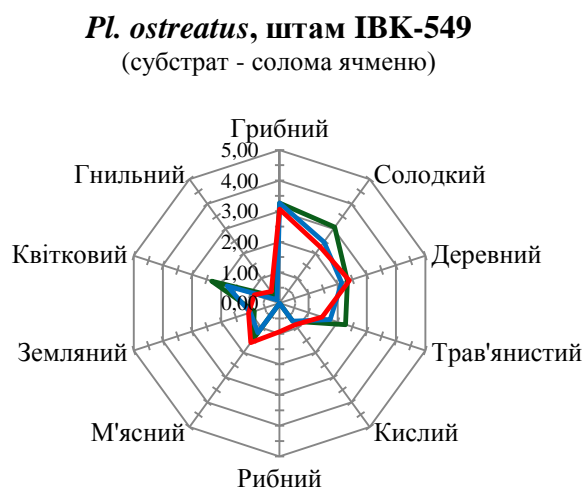
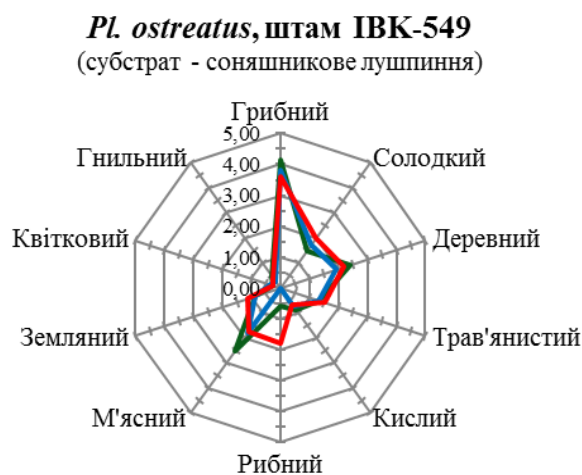
***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**

(субстрат - солома ячменю)



— Fe 10-3 % — Fe 10-4 % — Контроль

Рис. 6.7. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками феруму



— Se 10-5 % — Se 10-6 % — Контроль

Рис. 6.8. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками селену

Інтенсивність рибної складової запаху зростала у 1,6-3,8 раза лише при культивуванні штамів IBK-549 та IBK-551 на соломі ячменю при додаванні до субстрату сульфату мангану у концентрації 10^{-3} та 10^{-4} %, а для штаму IBK-1535 – у 3,9 раза при культивуванні на соломі з добавкою сульфату магнію у концентрації 10^{-3} %.

Зміна інтенсивності деревних нот запаху відмічена при культивуванні штаму IBK-549 на соломі ячменю з добавками солей мангану (10^{-3} %) та купруму (10^{-4} %) (підвищення у 1,4 раза), а також штаму IBK-1535 – мангану (10^{-4} %) (підвищення у 1,3 раза). При культивуванні на лушпинні соняшника спостерігалось збільшення інтенсивності деревної складової у 1,2-1,4 раза у порівнянні з контролем при додаванні сульфату купруму (концентрація 10^{-5} %, штам IBK-549; 10^{-4} %, штам IBK-1535), «Аватар-1» (10^{-3} %, штам IBK-549; 10^{-2} %, штам IBK-1535), солей кальцію (10^{-3} %, штам IBK-551), феруму (10^{-4} %), мангану (10^{-3} %), КМД (10^{-3} %) (штам IBK-1535).

На трав'янисті ноти запаху вплинуло додавання солей Fe (10^{-3} %) при культивуванні штаму IBK-1535 на обох субстратах (підвищення інтенсивності у 1,4 раза), Se (10^{-5} %) – при вирощуванні штамів IBK-1535 та IBK-551 на лушпинні соняшника, а штаму IBK-549 – на соломі ячменю (підвищення інтенсивності у 1,3-1,5 раза). Також додавання солей купруму (10^{-5} %, штам IBK-549, 10^{-4} %, штам IBK-551), магнію (10^{-2} %, штам IBK-551), цинку (10^{-4} %, штам IBK-551), феруму (10^{-3} %, штам IBK-1535) та мангану (10^{-3} %, штам IBK-1535) при культивуванні грибів на соломі ячменю сприяло появі більш вираженого трав'янистого запаху.

Підвищення інтенсивності солодких складових запаху у 1,3-1,6 раза виявлено лише при культивуванні грибів на соломі ячменю з добавками солей селену (10^{-5} %) – для штамів IBK-549 та IBK-551; магнію (10^{-2} %), цинку (10^{-4} %), купруму (10^{-4} %) – для штаму IBK-551 та цинку (10^{-5} %) – для штаму IBK-1535.

Вираженість квіткових нот запаху збільшувалася для штамів IBK-549 та IBK-551, вирощених на обох субстратах з додаванням солі Se (10^{-5} та 10^{-6} %) – у 2,1-4,4 раза, а також КМД (10^{-2} та 10^{-3} %) – у 1,6-4,2 раза. Для штаму IBK-1535

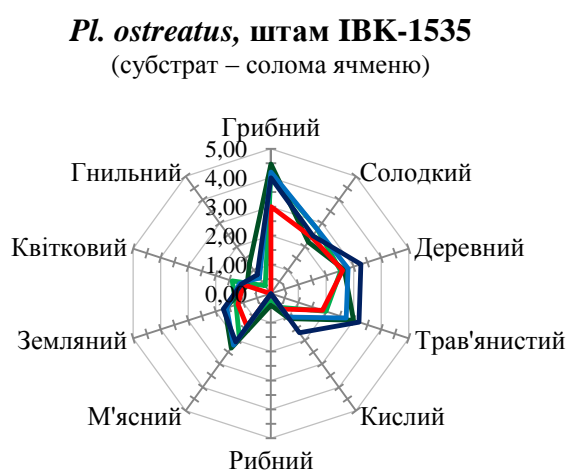
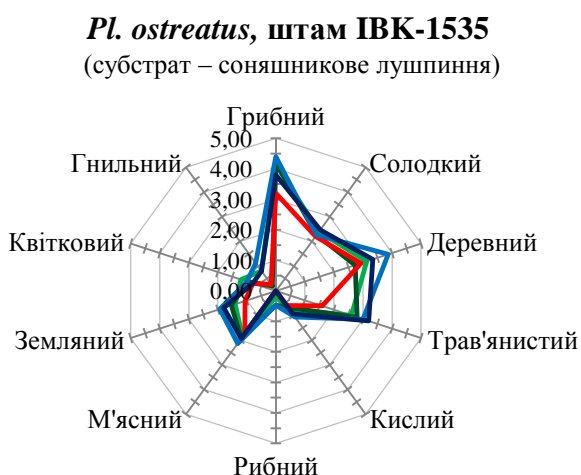
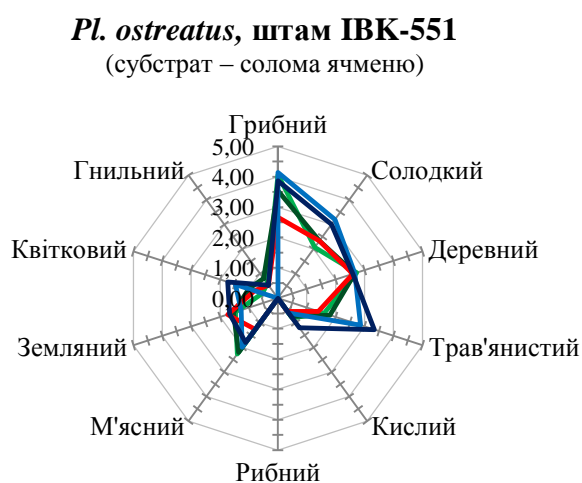
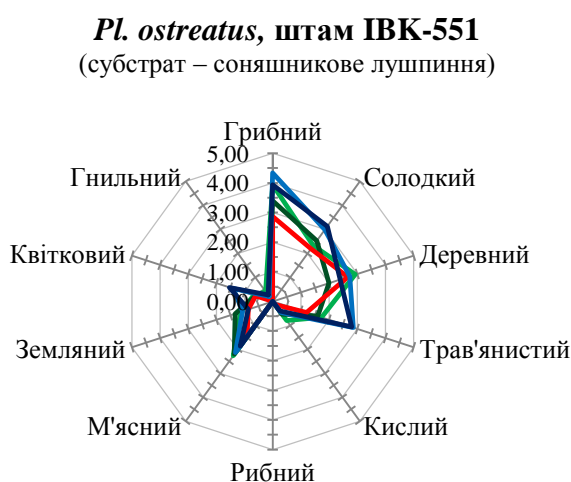
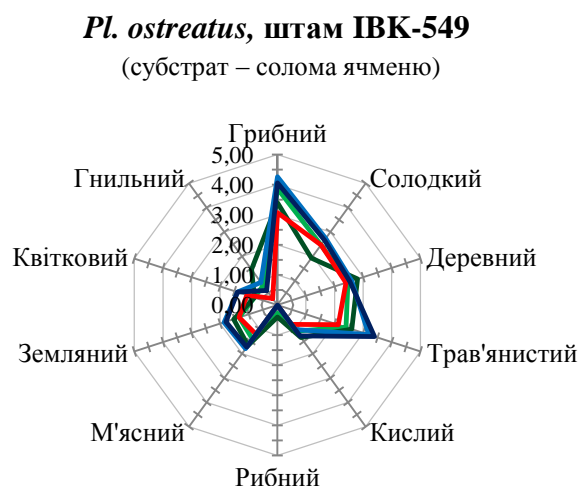
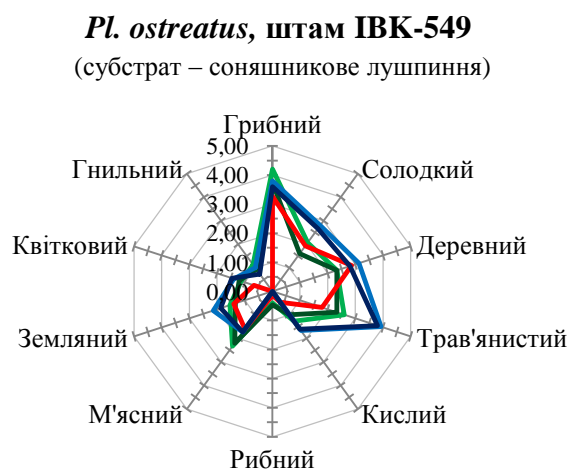
відмічено підвищення квіткового атрибуту запаху при культивуванні на лушпинні соняшника з добавками сульфату цинку (10^{-5} %) та КМД (10^{-2} %) – у 2,7-3,4 рази.

При культивуванні зазначених штамів *Pl. ostreatus* на обох субстратах з використанням мінеральних добавок у деяких випадках спостерігалось підвищення інтенсивності кислих та гнильних складових запаху.

Як показав сенсорний аналіз, найкраще сприяли підвищенню інтенсивності складових аромату грибів *Pl. ostreatus* при твердофазному культивуванні солі Ca, Fe та Se. Під впливом солі селену відмічено найбільше зростання для трав'янистої, солодкої та квіткової складових запаху, під впливом солей феруму та селену – грибної та м'ясної складових. Позитивний вплив сульфату феруму на ароматичні властивості *Pl. ostreatus* встановлений також у дослідженні [274]. А у роботах [283, 276] відмічається поява різкого неприємного запаху у плодових тіл *Pl. ostreatus* при додаванні Na_2SeO_3 , але при значно вищій концентрації цієї солі, ніж у наших дослідженнях. Нами відзначено, що селен у концентрації 10^{-5} та 10^{-6} % сприяв підвищенню грибного, трав'янистого та квіткового атрибутів аромату грибів.

6.2.2. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками рослинних олій

Результати сенсорного аналізу запаху зразків висушених грибів *Pl. ostreatus* різних штамів, представлених у вигляді профілів кола, наведено на рисунку 6.9.



— СО 1% — СО 5% — Контроль
— КО 1% — КО 5%

Рис. 6.9. Сенсорні профілі аромату зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus* (СО – соняшникова олія; КО – кукурудзяна олія)

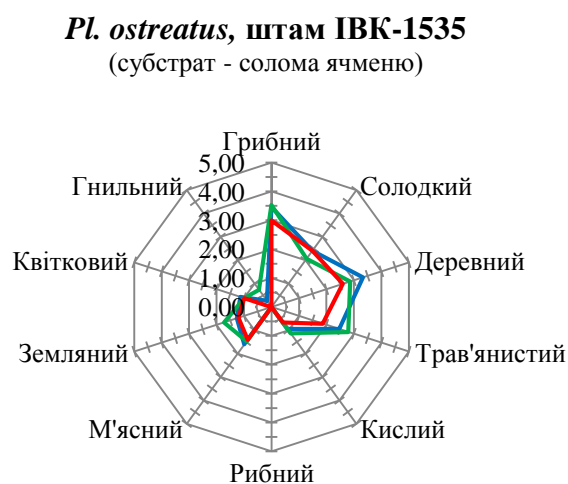
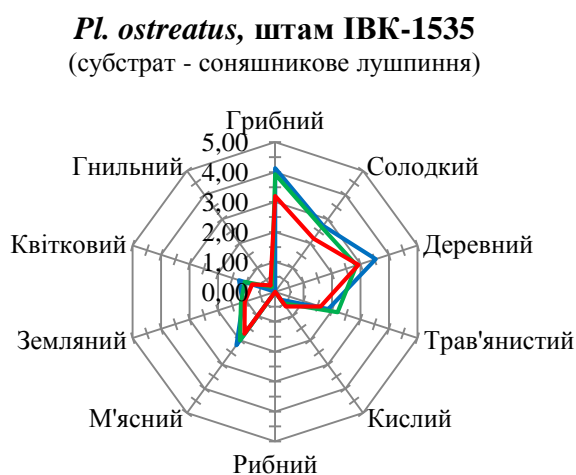
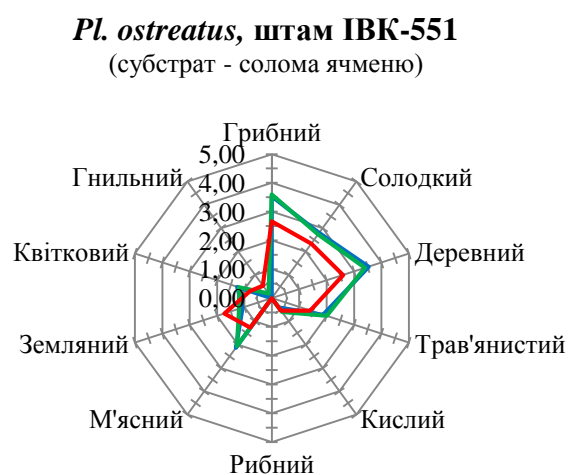
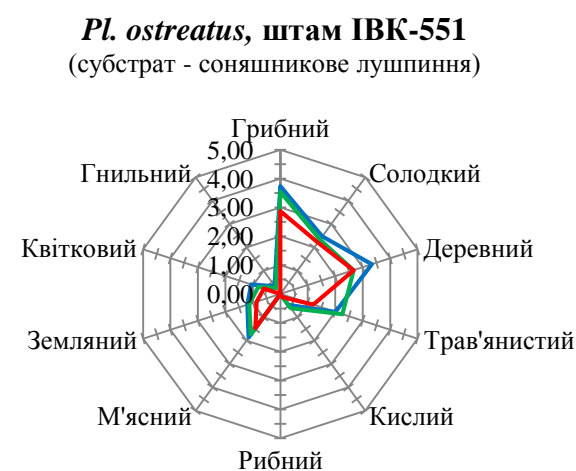
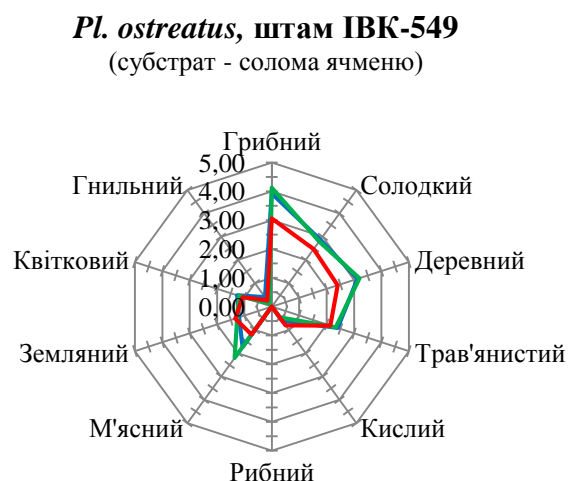
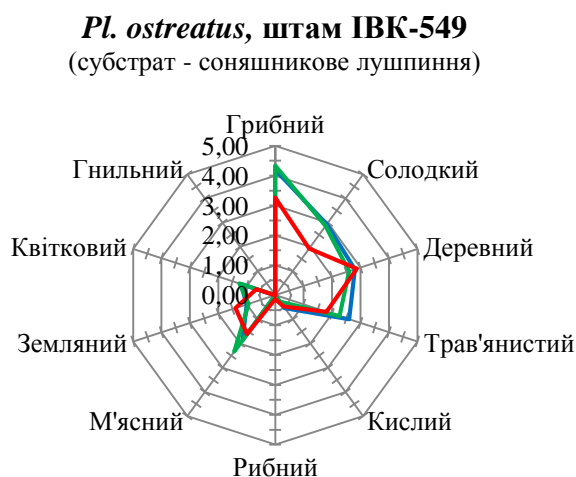
Що стосується м'ясних нот, то відзначена їх вища інтенсивність (у 1,4-1,8 раза) порівняно з контролем у зразках висушених грибів усіх досліджених штамів, культивованих на соломі ячменю з добавками обох олій. На соняшниковому лушпинні вища інтенсивність м'ясних нот зафіксована для штаму IBK-551 (у 1,3-1,5 раза) при додаванні обох олій та для IBK-549 (у 1,5 раза) з добавками соняшnikової олії. Для штаму IBK-551 відмічено зростання інтенсивності солодких (у 1,4 раза) і квіткових (у 1,8-2,6 раза), а для штамів IBK-549 та IBK-1535 – землянистих (у 1,3-1,8 раза) складових запаху на обох субстратах з додаванням кукурудзяної олії. Для деяких зразків спостерігалось незначне підсилення кислих та гнильних характеристик запаху на субстратах з добавками рослинних олій. А характер та сила деревних та рибних нот майже не змінювалися порівняно з контролем для жодного зі зразків.

У додатку В (табл. В.5) наведено результати бальної оцінки інтенсивності прояву кожного з дескрипторів, для кожного зі зразків висушених грибів. Як видно з представленої таблиці, відхилення не перевищує ± 1 бал, що говорить про статистичну однорідність сукупності оцінок експертів.

6.2.3. Сенсорний профільний аналіз запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з комплексними добавками

Побудовані профілі запаху зразків висушених грибів, отриманих на субстратах з добавками солоду житнього ферментованого, соєвого борошна, дріжджового екстракту та органічної біодобавки для грибів, представлені на рисунках 6.10-6.13. Сенсорні профілі запаху висушених плодових тіл, отриманих на субстратах з усіма іншими дослідженими комплексними добавками наведені у додатку Д.

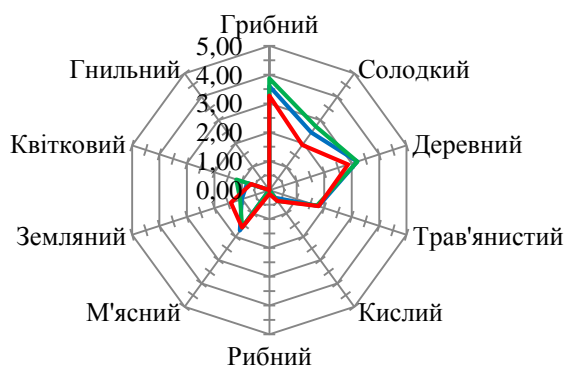
Аналізуючи отримані профілі аромату зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus* слід зазначити, що ступінь впливу добавок до основних субстратів (соняшnikове лушпиння, солома ячменю) відрізнявся залежно від штаму гриба, субстрату, типу та концентрації добавок.



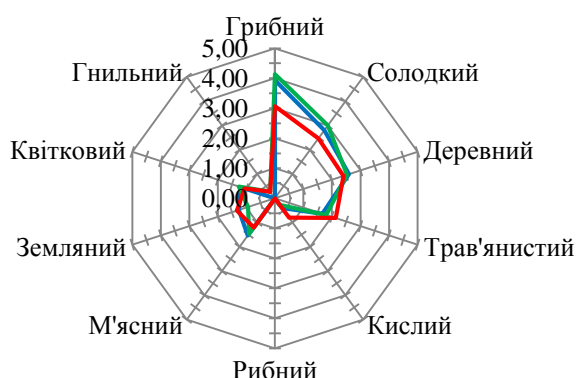
— СЖ 1 % — СЖ 5 % — Контроль

Рис. 6.10. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням солоду житнього ферментованого (СЖ)

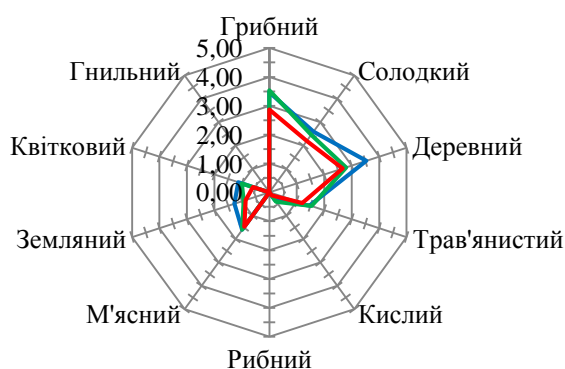
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



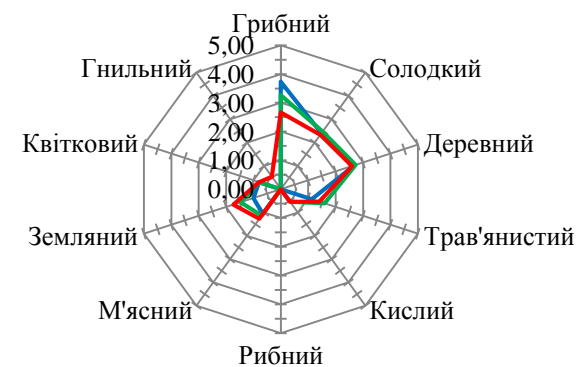
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



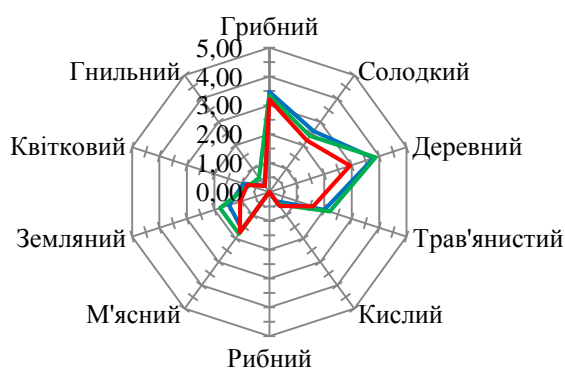
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



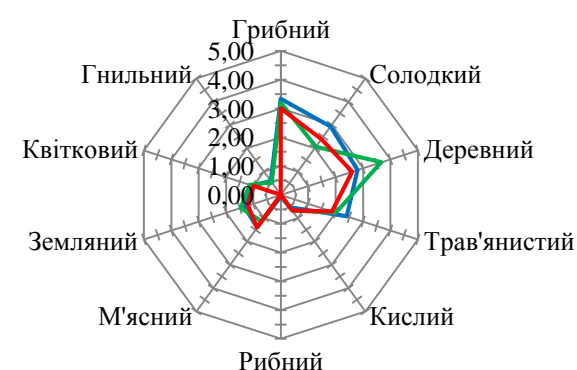
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



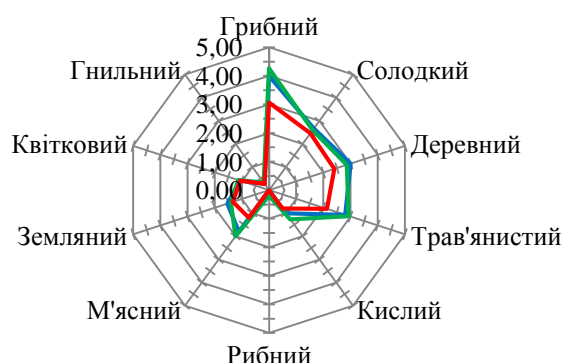
— СБ 1 % — СБ 5 % — Контроль

Рис. 6.11. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням соєвого борошна (СБ)

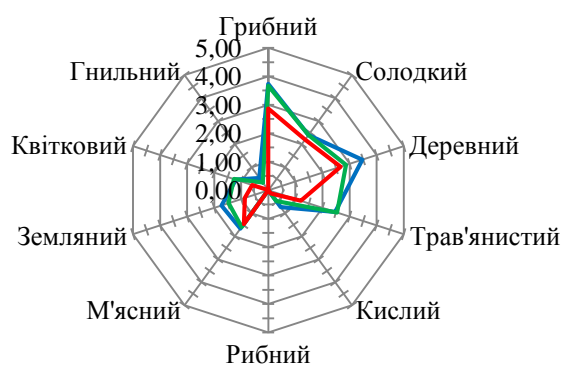
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



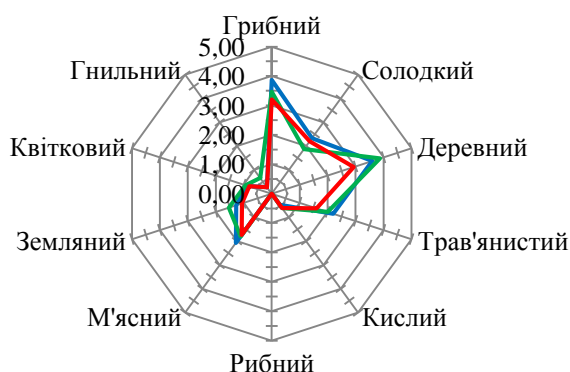
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)

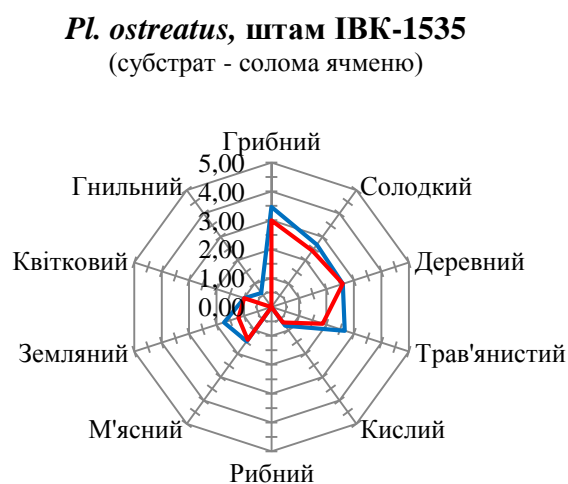
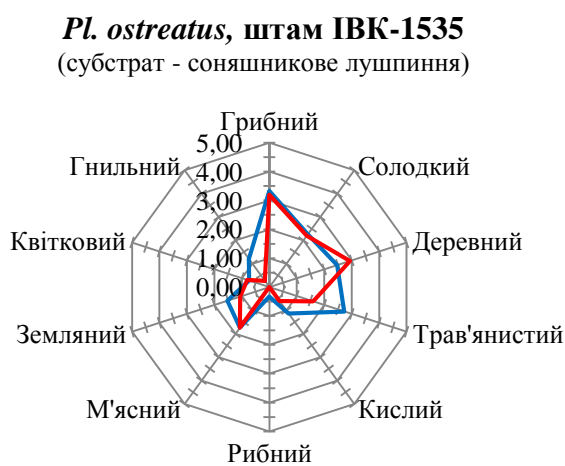
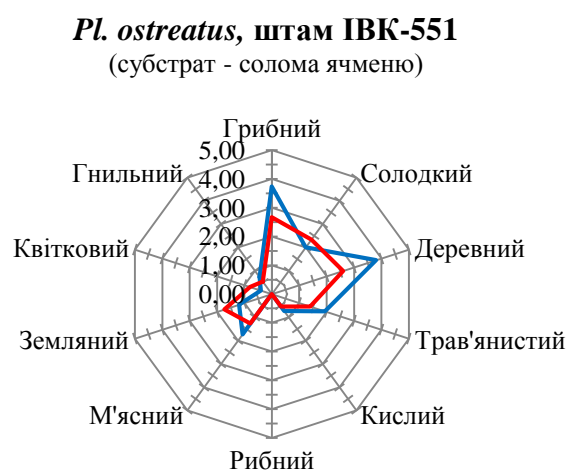
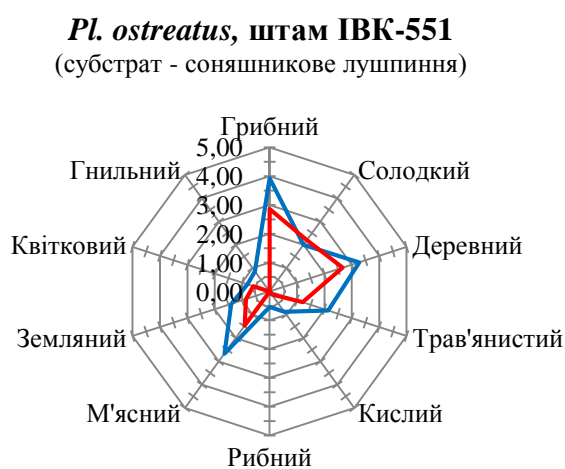
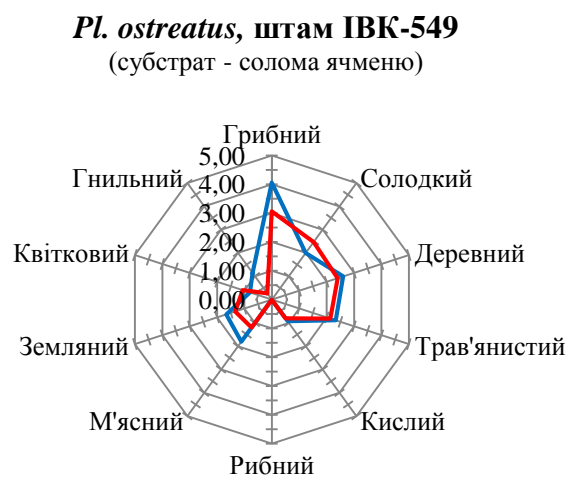
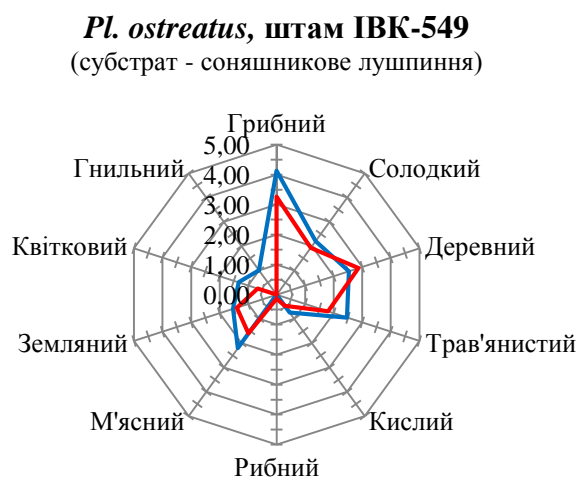


***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— ДЕ 10-2 % — ДЕ 10-3 % — Контроль

Рис. 6.12. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням дріжджового екстракту (ДЕ)



— ОБ — Контроль

Рис. 6.13. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням «Органічної біодобавки для грибів» (ОБ)

Зокрема, інтенсивність грибних нот запаху грибів підвищувалася у 1,2-1,3 раза при додаванні до субстратів солоду житнього та дріжджового екстракту у концентрації 1 та 5 %, а також органічної біодобавки при культивуванні усіх трьох досліджуваних штамів *Pl. ostreatus* порівняно з контролем. Соєве борошно (концентрація 1 та 5 %) сприяло посиленню інтенсивності грибної складової аромату штамів IBK-549 та IBK-551 (у 1,2-1,4 раза), кукурудзяне лушпиння (5 %) та молочна сироватка (1 %) – штамів IBK-551 та IBK-1535 (у 1,2-1,3 раза).

На м'ясний атрибут запаху суттєво вплинули більшість досліджених добавок при їх додаванні до соломи ячменю, а на лушпинні соняшника м'ясні ноти посилювалися лише при додаванні солоду житнього (5 %), кори дуба (5 %), деревної тирси (1 %), молочної сироватки (5 %) та «Органічної біодобавки» у 1,4-1,6 раза при культивуванні штаму IBK-549; кори дуба у обох концентраціях (у 1,4-1,7 раза), солоду житнього у концентрації 1 % (у 1,3 раза) – штамів IBK-551 та IBK-1535.

Підвищення інтенсивності деревних нот запаху *Pl. ostreatus* у 1,2-1,3 раза відмічено при додаванні до лушпиння соняшника дріжджового екстракту (усі досліджені штами), деревної тирси (штами IBK-549 та IBK-1535), соєвого борошна (штам IBK-1535), солоду житнього (штами IBK-551 та IBK-1535), органічної біодобавки (штам IBK-551). При вирощуванні грибів на соломі ячменю на деревну складову запаху усіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* позитивний вплив виявили солод житній (концентрація 1 та 5 %), штамів IBK-549 та IBK-1535 – деревна тирса (1 та 5 %), штаму IBK-549 – дріжджовий екстракт (10^{-2} та 10^{-3} %), штаму IBK-551 – «Органічна біодобавка» (1,25 %). Спостерігалось підвищення інтенсивності деревних нот запаху у 1,2-1,5 раза порівняно з контролем.

Дріжджовий екстракт та солод житній у концентрації 1 та 5 %, додані до обох субстратів при культивуванні досліджених штамів *Pl. ostreatus*, сприяли підвищенню інтенсивності трав'янистих нот запаху у 1,3-2,1 раза. Також на трав'янисту складову позитивно вплинула «Органічна біодобавка» при

культивуванні досліджених штамів на лушпинні соняшника. Відзначено підвищення інтенсивності у 1,4-2,6 рази порівняно з контролем.

При використанні таких добавок до соняшникового лушпиння, як солод житній, дріжджовий екстракт, соєве борошно, деревна тирса, «Органічна біодобавка» – для штаму IBK-549; кукурудзяні лусочки, дріжджовий екстракт, солод житній та соєве борошно – для штаму IBK-551; кукурудзяні лусочки, пшеничні висівки, солод житній та кора дуба – для штаму IBK-1535, – зафіксовано підвищення інтенсивності квіткових нот запаху у 1,4-2,0 рази. Солодкі ноти запаху посилювало у 1,2-1,5 рази додавання до обох субстратів солоду житнього та соєвого борошна – для штаму IBK-549.

Застосування різних комплексних добавок до субстратів також сприяло незначному посиленню кислих та гнильних нот запаху висушених плодових тіл досліджених штамів.

Результати бальної оцінки інтенсивності атрибутів аромату зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus* наведені у додатку В (табл. В.6 та В.7). Статистична обробка цих результатів дозволяє стверджувати про однорідність сукупності оцінок експертів за окремими складовими запаху, адже стандартне відхилення не перевищує ± 1 бал.

В цілому слід зазначити, що найбільший позитивний вплив на інтенсивність аромату висушених плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні на субстратах з різними комплексними добавками надали: солод житній, соєве борошно, дріжджовий екстракт та «Органічна біодобавка для грибів».

6.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на субстратах з добавками

6.3.1. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на субстратах з мінеральними добавками

Спектри поглинання екстрактів висушених зразків плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками солей кальцію (10^{-2} %), феруму (10^{-3} %) та селену (10^{-5} %), представлені на рисунках 6.14 та 6.15.

Досліджені екстракти мали максимуми світлопоглинання у діапазонах 200-210 та 250-300 нм, характерні для екстрактів грибів *Pl. ostreatus*.

Аналіз представлених рисунків показав, що під час культивування *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні додавання сульфату феруму у концентрації 10^{-3} % сприяло підвищенню оптичної густини грибних екстрактів: для штаму IBK-549 – у 1,3-1,4 раза в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль, для штаму IBK-551 – у 2,6 раза при 200-210 нм та у 1,8-2,1 раза на ділянці 250-300 нм, а також незначно для штаму IBK-1535 – у 1,1 раза у діапазоні довжин хвиль 250-300 нм у порівнянні з контролем (рис. 6.10).

Слід зазначити, що додавання солі селену до лушпиння соняшника при вирощуванні штамів IBK-549 та IBK-551 обумовило збільшення оптичної густини у 1,4-1,6 раза. Для штаму IBK-1535 не відмічено впливу мінеральних добавок (солей Ca, Se) на інтенсивність максимумів світлопоглинання, навіть відзначено зниження оптичної густини при культивуванні гриба на лушпинні соняшника.

Добавка сульфату феруму до соломи ячменю сприяла підвищенню інтенсивності максимумів поглинання світла у 1,4-2,2 раза як у діапазоні 200-210 нм, так і у 1,3-1,6 раза на ділянці 260-290 нм для всіх досліджених штамів (рис. 6.11). Також відмічено підвищення оптичної густини грибних екстрактів усіх досліджених штамів у 1,2-2,0 рази при культивуванні на цьому субстраті з добавками солі селену.

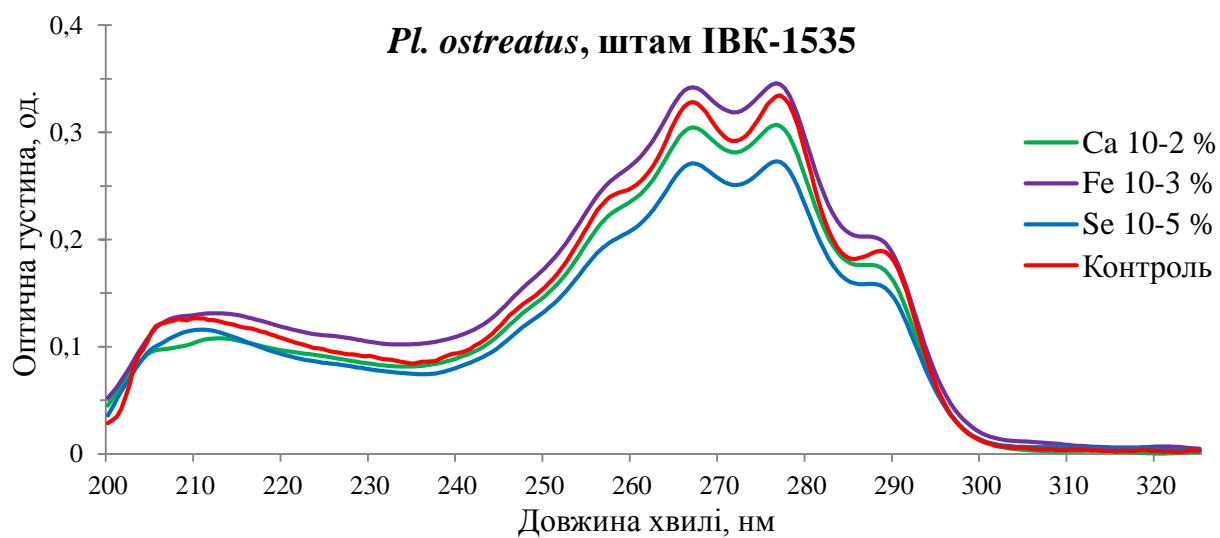
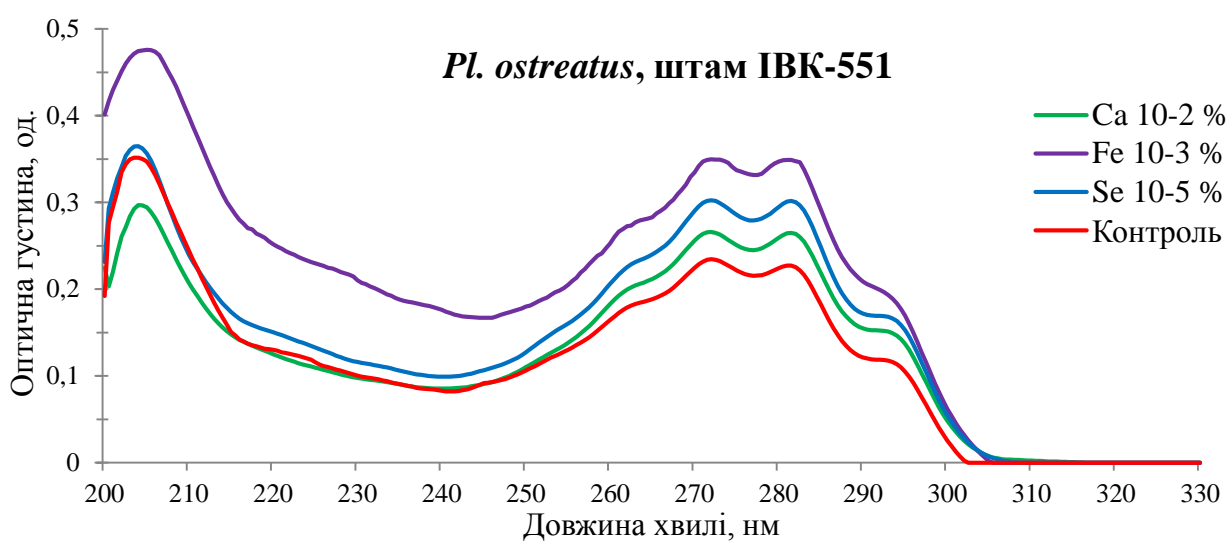
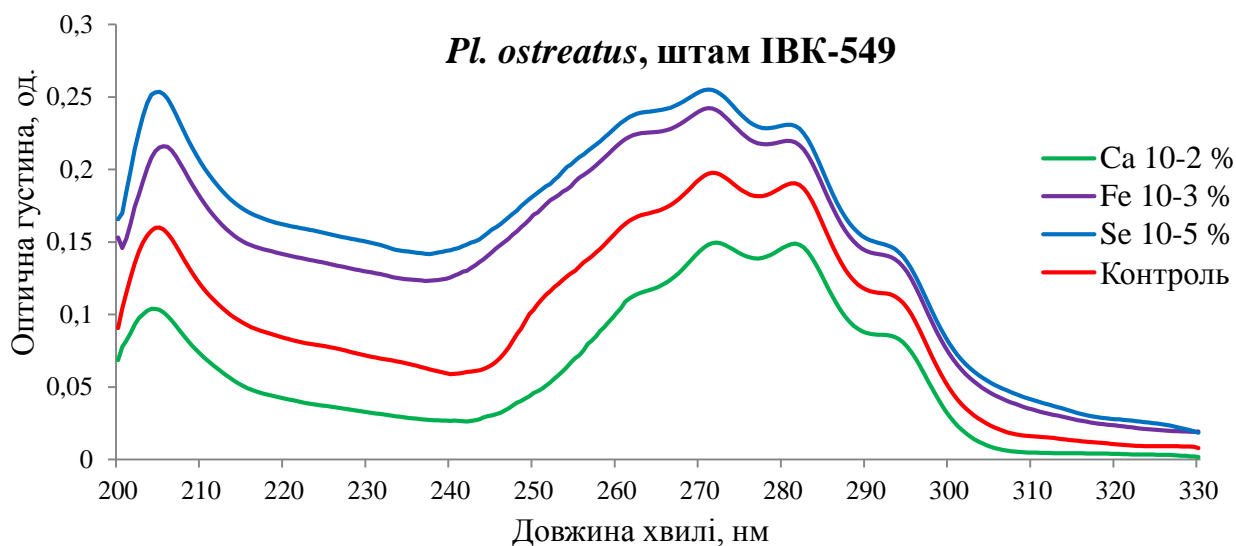


Рис. 6.14. УФ-спектри екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, вирощених на лущинні соняшника з мінеральними добавками

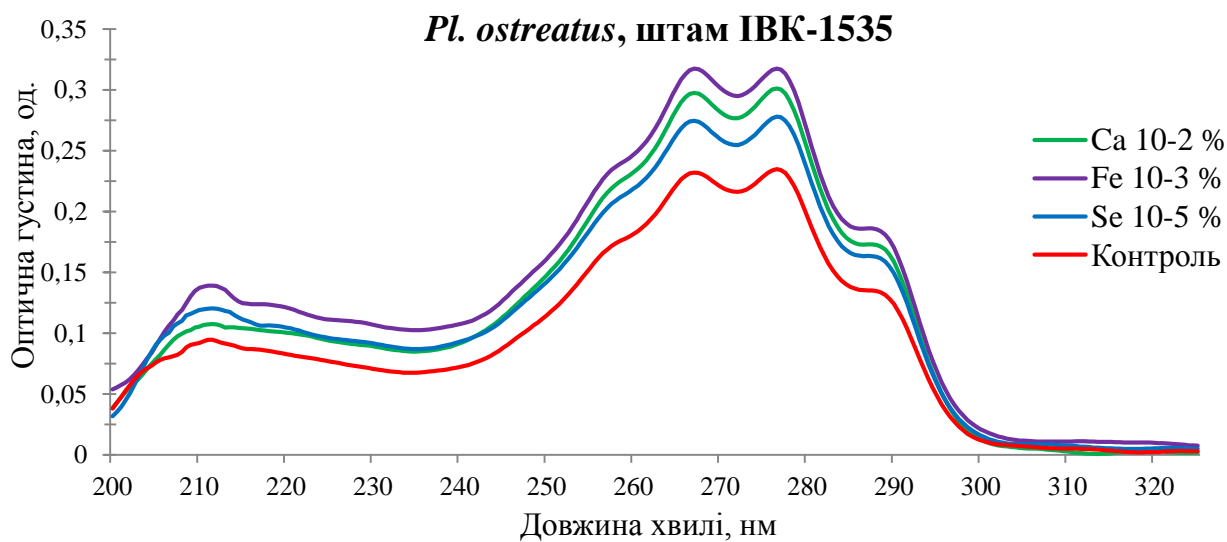
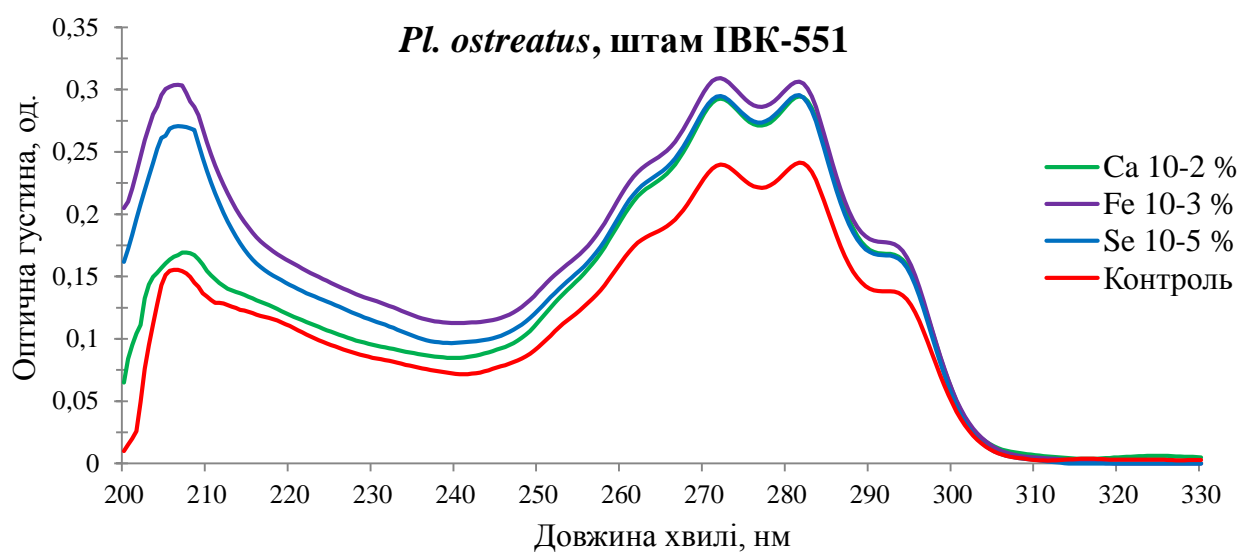
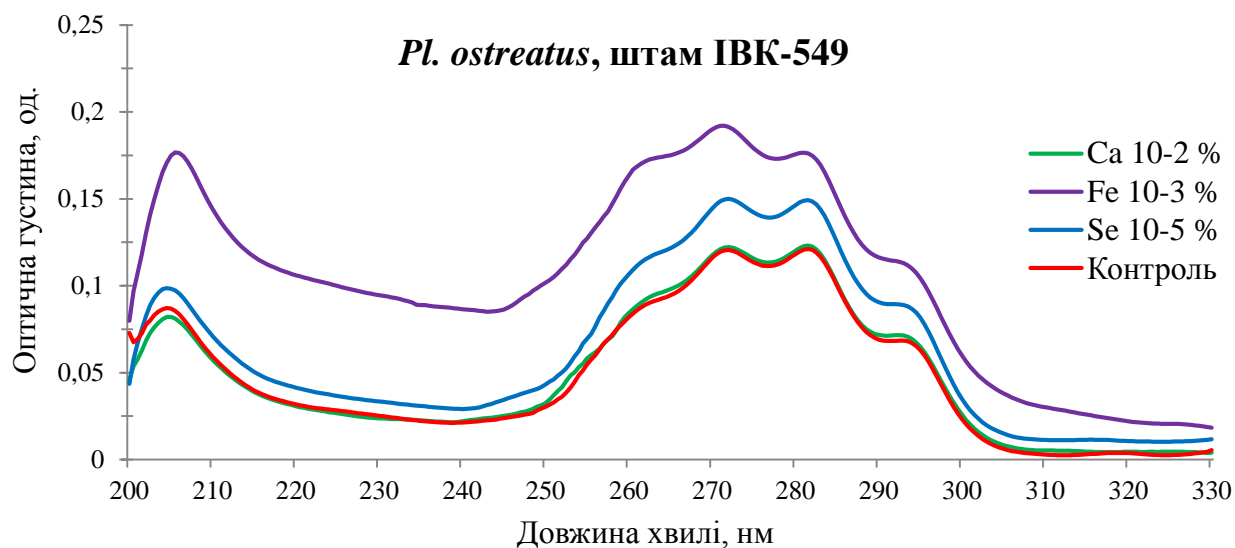


Рис. 6.15. УФ-спектри екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, вирощених на соломі ячменю з мінеральними добавками

Не виявлено достовірного впливу солі кальцію при додаванні до субстратів на підвищення запашних властивостей плодових тіл штаму IBK-549. Проте для штамів IBK-551 та IBK-1535 відмічено збільшення оптичної густини при 200-210 нм у 1,1-1,2 раза, що свідчить про підвищення утворення ненасичених сполук (1-октен-3-олу), а також при 250-300 нм у – 1,2-1,3 раза, що обумовлене синтезом карбонільних сполук.

Ці результати співпадають з отриманими даними сенсорного аналізу.

6.3.2. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на субстратах з добавками рослинних олій

Зареєстровані УФ-спектри поглинання гексанових грибних екстрактів представлені на рисунках 6.16 та 6.17.

Результати дослідження показали, що гексанові екстракти висушених зразків плодових тіл *Pl. ostreatus* мали максимуми світлопоглинання у діапазоні 200-210 нм та 250-300 нм. Як було відзначено у розділі 3, такі спектральні властивості характерні розчинам ненасичених сполук, які мають непов'язані подвійні зв'язки, насиченим і ненасиченим альдегідам та кетонам, що відповідають за різні складові запахи у грибів.

Для екстрактів грибів штаму IBK-549, культивованих на соняшниковому лушпинні з додаванням обох олій у концентрації 1 %, спостерігали у 1,2-1,4 раза вищу оптичну густину у порівнянні з контролем в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль, а для штаму IBK-551 – лише у діапазоні 250-300 нм.

Тобто, у штаму IBK-549 зафіксовано зростання кількості речовин, що забезпечують як грибний атрибут аромату (максимум при 200-210 нм), так і квітково-трав'янистий (максимуми при 250-300 нм). А для штаму IBK-551 відмічено підвищення інтенсивності утворення лише сполук з квітковими та трав'янистими відтінками запаху (максимум при 250-300 нм). Ці дані співпадають з результатами сенсорного аналізу.

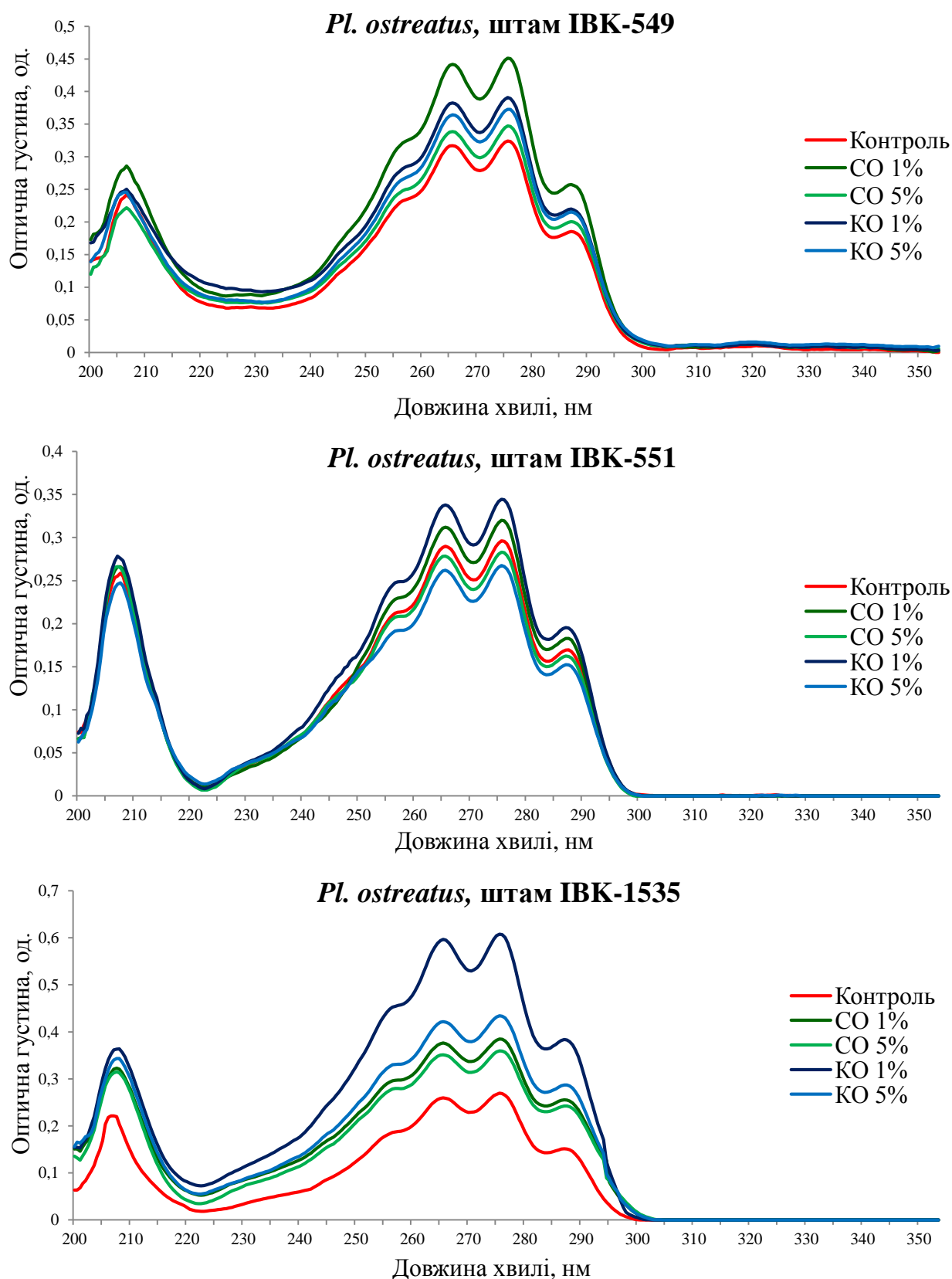


Рис. 6.16. УФ-спектри екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, субстрат – соняшникове лушпиння (СО – соняшникова олія, КО – кукурудзяна олія)

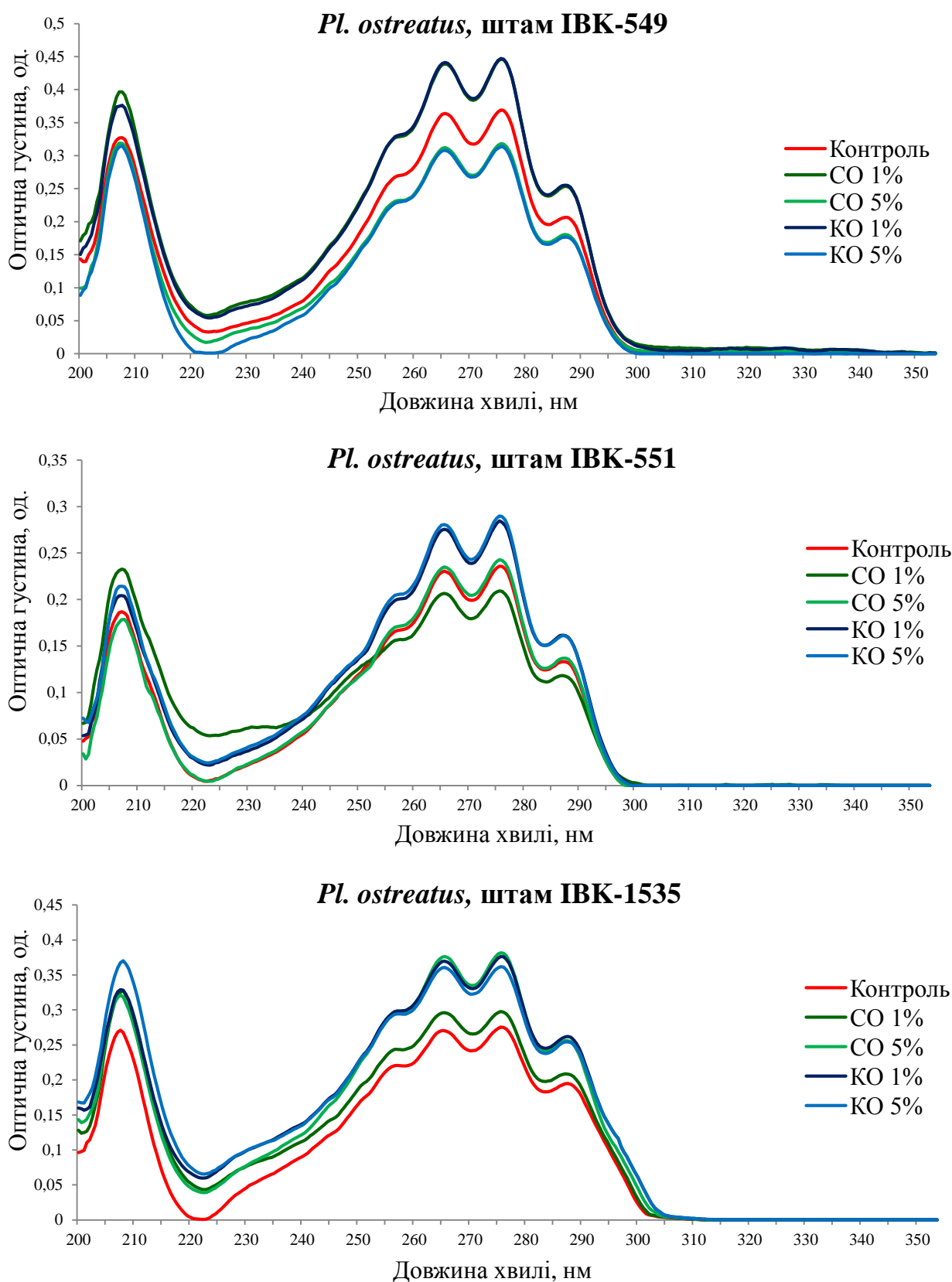


Рис. 6.17. УФ-спектри екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, субстрат – солома ячменю (СО – соняшникова олія, КО – кукурудзяна олія)

Також слід зазначити, що грибні екстракти штаму IBK-1535, культивованого на лушпинні соняшника з добавками соняшникової та кукурудзяної олій в обох концентраціях, також виявили підвищення максимумів світлопоглинання у порівнянні з контролем. Причому їх інтенсивність була вище у 1,4-1,6 раза при 200-210 нм (максимум, характерний для 1-октен-3-олу, що забезпечує грибний аромат), а також у 1,5-2,5 раза – у діапазоні 250-300 нм (максимуми, властиві альдегідам та кетонам, які відповідають за трав'янисті та солодкі ноти запаху грибів).

Аналогічну залежність спостерігали для штаму IBK-1535 при культивуванні на соломі ячменю з добавками олій. Також для штаму IBK-549, екстракти якого виявили інтенсивніші (у 1,2 раза) максимуми світлопоглинання для зразків, вирощених на соломі з додаванням обох олій у концентрації 1 %.

Необхідно відмітити, що для екстрактів штаму IBK-551 зафіксована у 1,1-1,2 раза вища оптична густина в усьому діапазоні довжин хвиль при додаванні до соломи ячменю кукурудзяної олії в обох досліджених концентраціях порівняно з контролем. Тобто в екстрактах цього штаму спостерігався більший вміст альдегідів і кетонів, що відповідають за квітковий, солодкий та трав'янистий запахи, а також ненасичених сполук з грибним ароматом. Ці дані відповідають результатам сенсорного аналізу.

Якщо порівнювати оптичну густину екстрактів різних штамів *Pl. ostreatus*, то найвища спостерігалася для штаму IBK-549 на обох субстратах.

Отримані нами дані свідчать про неоднакове співвідношення інтенсивностей максимумів світлопоглинання при $\lambda=200-210$ нм та при $\lambda=250-300$ нм для різних субстратів та різних штамів. Досліджені екстракти плодових тіл штаму IBK-549, культивованого на соняшниковому лушпинні, мали у 2,3 раза вищу оптичну густину при 250-300 нм, ніж у ближньому ультрафіолеті. А для екстрактів цього штаму, вирощеного на соломі ячменю, інтенсивність максимумів світлопоглинання в обох діапазонах визначена на одному рівні. Інші штами (IBK-551 та IBK-1535) виявили майже однакове співвідношення інтенсивностей максимумів поглинання світла на обох ділянках.

6.3.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на субстратах з комплексними добавками

Отримані в ході дослідження спектри поглинання екстрактів висушених зразків плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками солоду житнього (1 %), соєвого борошна (1 %), дріжджового екстракту (10^{-2} %) та «Органічної біодобавки для грибів», представлені на рисунках 6.18 та 6.19.

УФ-спектри екстрактів висушених зразків плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з іншими, використаними у дослідженні, комплексними добавками, відображені у додатку Е.

Наведені спектри мали максимуми світлопоглинання при 200-210 нм та на ділянці 250-300 нм.

За результатами дослідження встановлено, що при культивуванні на соняшниковому лушпинні штаму ІВК-549 оптична густина у діапазоні 200-210 нм була у 1,3 раза вища у зразків, отриманих при додаванні дріжджового екстракту (у концентрації 10^{-2} %) та молочної сироватки (5 %) до субстрату. У діапазоні 250-300 нм для цього штаму додавання молочної сироватки у концентрації 5 % та деревної тирси (1 %) сприяло підвищенню інтенсивності максимумів світлопоглинання екстрактів у 1,5 раза порівняно з контролем.

Для штаму ІВК-551, культивованого на лушпинні соняшника, суттєвого збільшення оптичної густини при 200-210 нм не спричинила жодна з досліджених добавок, а у діапазоні 250-300 нм інтенсивність максимумів поглинання грибних екстрактів підвищувалася у 1,1 раза порівняно з контролем при додаванні до лушпиння соняшника житнього солоду (1 %), соєвого борошна (1 %), «Органічної біодобавки» та молочної сироватки (1 %).

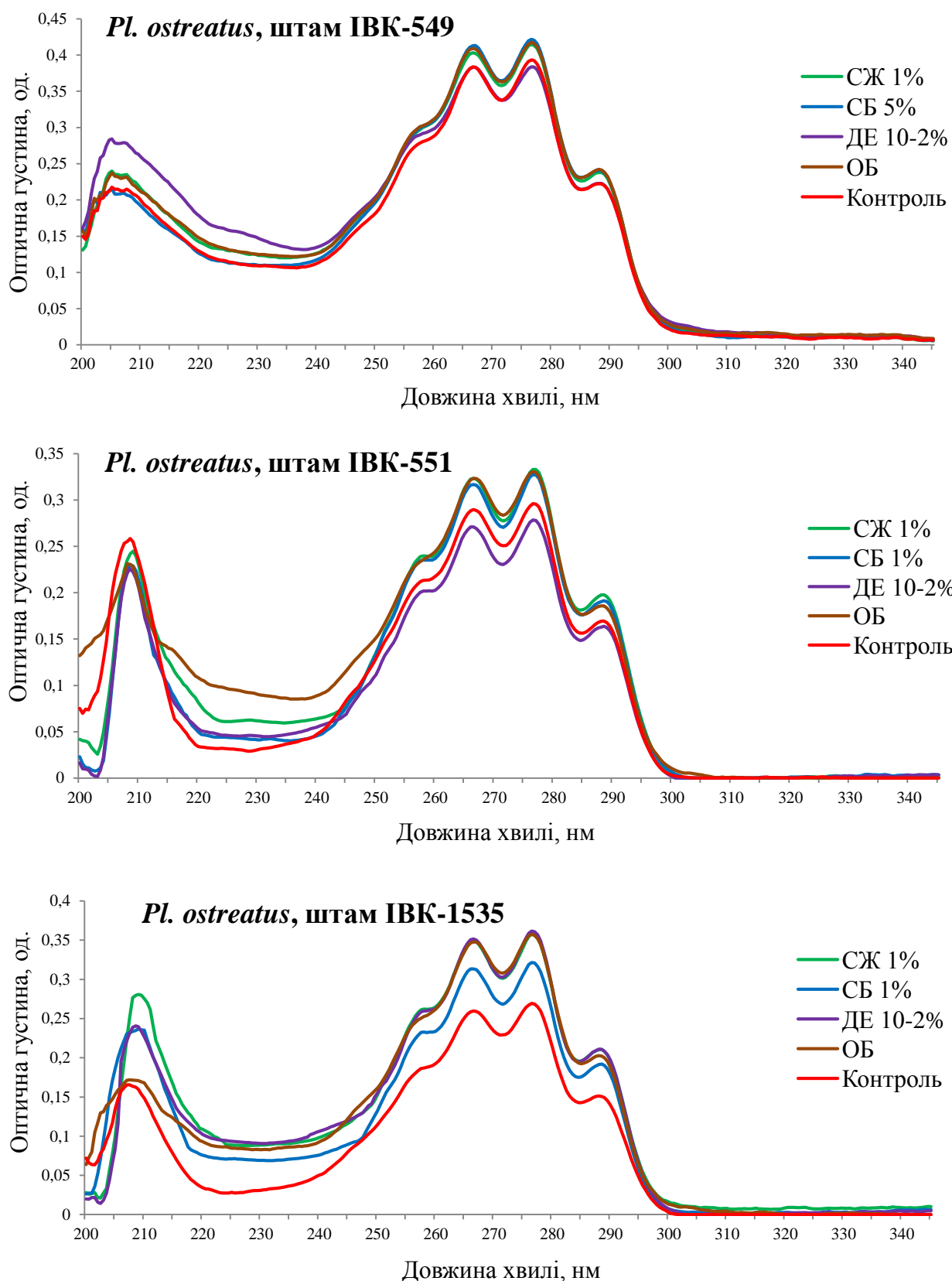


Рис. 6.18. УФ-спектры экстрактов штаммов *Pl. ostreatus*, культивированных на соевом лушпинии с добавлением комплексных добавок (СЖ – солод житный ферментированный, СБ – соевое борошно, ДЕ – дрожжевой экстракт, ОБ – «Органическая биодобавка для грибов»)

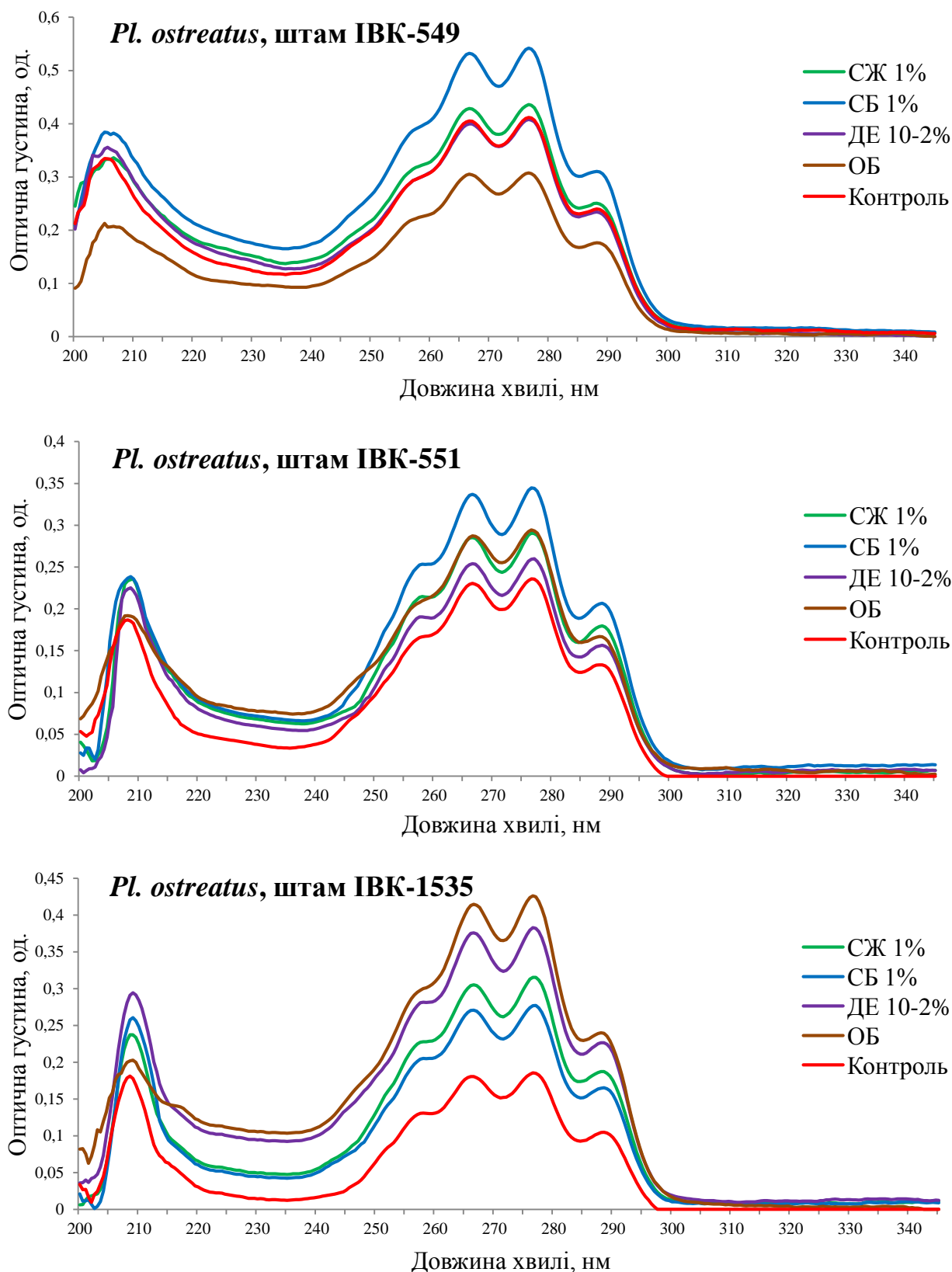


Рис. 6.19. УФ-спектри екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з додаванням комплексних добавок (СЖ – солод житній ферментований, СБ – соєве борошно, ДЕ – дріжджовий екстракт, ОБ – «Органічна біодобавка для грибів»)

При культивуванні штаму IBK-1535 на соняшниковому лушпинні зафіксовано підвищення у 1,2-1,7 раза оптичної густини екстрактів грибів в усьому вимірюваному діапазоні довжин хвиль для зразків, отриманих при додаванні до субстрату солоду житнього (1 %), соєвого борошна (1 %), дріжджового екстракту (10^{-2} %), молочної сироватки (1 %) та «Органічної біодобавки», порівняно зі зразками, отриманими на субстраті без добавок.

Що стосується вирощування штаму IBK-549 на соломі ячменю, то такі добавки, як соєве борошно (1 %), кукурудзяні лусочки (5 %) та молочна сироватка (1%) сприяли збільшенню оптичної густини у 1,2-1,4 раза в усьому досліджуваному діапазоні довжин хвиль.

Екстракти грибів штаму IBK-551, отримані при додаванні до соломи ячменю солоду житнього (1 %), соєвого борошна (1 %), дріжджового екстракту (10^{-2} %), «Органічної біодобавки» (1,25 %) та пшеничних висівок (5 %), виявили підвищення оптичної густини у 1,1-1,5 раза в усьому діапазоні довжин хвиль порівняно з контролем. Також позитивний вплив на інтенсивність максимуму поглинання світла при 200-210 нм, який обумовлений ненасиченими сполуками з характерним грибним ароматом, чинили добавки молочної сироватки (1 %), деревної тирси (5 %) та кори дуба (5 %) до соломи ячменю при культивуванні штаму IBK-551.

Слід зазначити, що для екстрактів грибів, отриманих при вирощуванні штаму IBK-1535 на соломі з добавками солоду житнього (1 %), соєвого борошна (1 %), дріжджового екстракту (10^{-2} %), «Органічної біодобавки» (1,25 %), кукурудзяних лусочок (5 %) та молочної сироватки (1 %), зафіксовано підвищення оптичної густини у всьому діапазоні довжин хвиль у 1,4-2,1 раза порівняно з контролем, що свідчить про більш високий вміст комплексу запашних сполук у плодових тілах цього штаму *Pl. ostreatus* при культивування на субстраті із зазначеними добавками.

Таким чином, інтенсивність максимумів поглинання світла зразків грибів, культивованих на субстратах з різними комплексними добавками, відрізнялась у залежності від виду та концентрації добавки, субстрату та штаму гриба.

6.4. Аналіз та узагальнення результатів впливу добавок до субстратів на культурально-морфологічні показники росту та запашні властивості штамів *Pl. ostreatus*

Як показали результати дослідження, більшість з використаних добавок до субстратів у визначеній концентрації позитивно впливали на культурально-морфологічні показники росту та розвитку штамів *Pl. ostreatus* (ІВК-549, ІВК-551, ІВК-1535): терміни обростання субстрату міцелієм, появи примордіїв та плодових тіл, вихід плодових тіл, що відображено у таблиці 6.4.

Зокрема, встановлено достовірне скорочення терміну плодоносіння на субстратах з використанням мінеральних добавок: «Аватар-1», селен, магній, кальцій, купрум, ферум та комплексних добавок: кукурудзяних лусочок, кори дуба, житнього солоду та «Органічної біодобавки для грибів» порівняно з контролем.

Виявлено збільшення кількості грибних зростків на обох субстратах з додаванням солей цинку, купруму, кальцію, мангану, феруму, селену, а також «Аватар-1», КМД, рослинних олій, кукурудзяних лусочок, житнього солоду, пшеничних висівок, соєвого борошна, кори дуба, «Органічної біодобавки для грибів» та дріжджового екстракту порівняно з контролем.

Вихід плодових тіл за субстратом І хвилі плодоносіння підвищувався при додаванні до соняшникового лушпиння та соломи ячменю солей цинку, кальцію, мангану, купруму, селену, рослинних олій та більшості з досліджених комплексних добавок на 23,7-69,9 % порівняно з контролем.

Таблиця 6.4. Покращення (+) культурально-морфологічних показників росту штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками, порівняно з контрольними зразками

Варіант добавки до субстрату	Скорочення терміну появи примордіїв	Скорочення терміну І хвилі плодоносіння	Збільшення кількості зростків на 100 г субстрату	Збільшення виходу за субстратом І хвилі плодоносіння	Скорочення терміну появи примордіїв	Скорочення терміну І хвилі плодоносіння	Збільшення кількості зростків на 100 г субстрату	Збільшення виходу за субстратом І хвилі плодоносіння
	Соняшникове лушпиння				Солома ячменю			
	Pl. ostreatus, штам IBK-549							
Ca10 ⁻² %	+	+	+	-	-	-	-	-
Ca10 ⁻³ %	+	+	+	-	-	-	-	-
Mg10 ⁻² %	+	-	-	-	-	-	-	-
Mg10 ⁻³ %	+	-	-	-	-	-	-	-
Fe10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe10 ⁻⁴ %	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn10 ⁻³ %	-	-	+	-	-	-	-	-
Mn10 ⁻⁴ %	-	-	+	-	-	-	-	-
Zn10 ⁻⁴ %	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn10 ⁻⁵ %	-	-	+	-	-	-	-	-
Cu10 ⁻⁴ %	+	-	-	-	-	-	+	+
Cu10 ⁻⁵ %	+	+	+	-	-	-	+	-
Se10 ⁻⁵ %	-	-	-	-	-	+	-	-
Se10 ⁻⁶ %	-	-	+	-	-	+	-	-
КМД10 ⁻² %	-	-	+	-	-	-	-	-
КМД10 ⁻³ %	+	+	+	-	-	-	-	-
A10 ⁻² %	-	-	+	-	-	-	+	-
A10 ⁻³ %	+	+	+	-	-	-	-	-
CO 1 %	-	-	-	+	-	-	-	-
CO 5 %	-	-	-	+	-	-	-	-
KO 1 %	-	-	-	+	+	+	-	-
KO 5 %	-	-	-	+	-	-	-	-
КЛ 1 %	+	+	-	+	-	-	-	+
КЛ 5 %	+	+	+	+	-	-	+	+
ПВ 1 %	-	-	-	-	-	-	-	-
ПВ 5 %	-	-	-	-	-	-	+	+
СЖ 1 %	+	-	-	+	+	+	-	+
СЖ 5 %	+	-	-	+	+	+	-	+
СБ 1 %	+	-	-	+	-	-	-	+
СБ 5 %	+	-	-	+	-	-	-	+
КД 1 %	+	+	-	+	+	+	+	+

Продовження табл. 6.4

КД 5%	+	+	-	+	-	-	+	+
ТД 1 %	+	+	-	+	+	+	-	+
ТД 5 %	-	-	-	+	-	+	-	+
МС 1 %	+	-	-	+	-	-	-	+
МС 5 %	+	-	-	+	-	-	-	+
ДЕ 10 ⁻² %	+	-	-	+	-	-	-	+
ДЕ 10 ⁻³ %	+	-	-	+	-	-	-	+
ОБ	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551								
Ca10 ⁻² %	+	+	-	-	-	-	-	-
Ca10 ⁻³ %	+	+	-	-	-	-	-	-
Mg10 ⁻² %	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg10 ⁻³ %	+	-	-	-	-	-	-	-
Fe10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	+	-
Fe10 ⁻⁴ %	+	-	-	-	-	-	+	-
Mn10 ⁻³ %	-	-	+	-	-	-	+	+
Mn10 ⁻⁴ %	-	-	-	-	-	-	+	-
Zn10 ⁻⁴ %	-	-	+	+	-	-	-	-
Zn10 ⁻⁵ %	-	-	+	+	-	-	+	-
Cu10 ⁻⁴ %	+	+	+	-	-	-	-	+
Cu10 ⁻⁵ %	-	-	+	-	-	-	-	+
Se10 ⁻⁵ %	+	+	-	-	-	+	+	-
Se10 ⁻⁶ %	-	-	-	-	-	-	+	-
КМД10 ⁻² %	+	+	-	-	+	-	-	-
КМД10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	-	-
A10 ⁻² %	+	+	-	-	+	+	-	-
A10 ⁻³ %	+	-	-	-	-	-	+	+
СО 1 %	+	-	-	+	+	-	-	+
СО 5 %	-	-	-	+	+	+	-	+
КО 1 %	+	+	+	+	+	+	-	+
КО 5 %	-	+	-	+	-	-	-	+
КЛ 1 %	-	+	-	+	-	+	-	+
КЛ 5 %	+	+	-	+	-	+	-	+
ПВ 1 %	-	-	-	+	-	+	-	-
ПВ 5 %	-	-	-	-	-	-	-	-
СЖ 1 %	-	+	+	+	+	-	-	+
СЖ 5 %	-	+	+	+	-	+	-	+
СБ 1 %	-	+	-	+	-	-	-	+
СБ 5 %	-	-	-	+	-	-	-	+
КД 1 %	+	+	-	+	-	+	-	+
КД 5%	+	+	-	+	-	+	-	+
ТД 1 %	+	+	-	+	-	-	-	-
ТД 5 %	-	-	-	-	-	+	-	+
МС 1 %	-	-	-	+	-	-	-	+
МС 5 %	-	+	-	-	-	-	-	-
ДЕ 10 ⁻² %	-	-	-	+	-	-	-	-
ДЕ 10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	-	-
ОБ	-	+	-	+	+	+	-	+

Продовження табл. 6.4

	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535							
Ca10 ⁻² %	+	-	+	-	-	-	-	+
Ca10 ⁻³ %	+	-	+	-	-	-	-	+
Mg10 ⁻² %	+	-	-	-	-	-	-	-
Mg10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe10 ⁻³ %	+	-	+	-	-	-	+	-
Fe10 ⁻⁴ %	+	-	-	-	+	-	+	-
Mn10 ⁻³ %	+	-	-	-	-	-	-	+
Mn10 ⁻⁴ %	+	-	-	-	-	-	+	+
Zn10 ⁻⁴ %	+	-	+	-	-	-	-	-
Zn10 ⁻⁵ %	+	-	+	-	-	-	-	-
Cu10 ⁻⁴ %	+	-	+	-	-	-	-	+
Cu10 ⁻⁵ %	+	-	+	-	-	-	-	+
Se10 ⁻⁵ %	+	+	+	+	+	+	-	-
Se10 ⁻⁶ %	+	+	+	-	+	-	+	-
КМД10 ⁻² %	+	-	-	-	+	+	-	-
КМД10 ⁻³ %	+	-	+	+	-	+	-	-
A10 ⁻² %	+	-	-	-	+	+	-	-
A10 ⁻³ %	+	-	-	-	-	-	-	-
СО 1 %	+	+	+	+	-	-	+	-
СО 5 %	-	-	+	+	-	-	+	-
КО 1 %	-	-	+	+	-	-	+	-
КО 5 %	-	-	-	+	-	-	+	+
КЛ 1 %	+	+	-	+	-	-	-	-
КЛ 5 %	+	+	+	+	+	+	+	+
ПВ 1 %	-	-	+	-	-	-	+	-
ПВ 5 %	-	-	+	+	-	-	+	+
СЖ 1 %	-	-	+	+	-	-	-	+
СЖ 5 %	-	-	+	+	-	-	+	+
СБ 1 %	-	-	+	+	-	-	+	+
СБ 5 %	-	+	+	+	-	-	+	+
КД 1 %	-	+	-	+	+	+	-	+
КД 5%	-	-	-	+	+	+	-	-
ТД 1 %	-	-	-	-	-	+	-	-
ТД 5 %	-	+	-	-	+	+	-	-
МС 1 %	-	-	-	-	-	-	-	-
МС 5 %	-	-	-	+	-	-	-	+
ДЕ 10 ⁻² %	-	-	-	-	-	-	+	+
ДЕ 10 ⁻³ %	-	-	-	-	-	-	+	+
ОБ	-	-	-	+	-	-	+	+

Аналізуючи узагальнені дані таблиці 6.4 можна відмітити, що краще на вплив добавок до субстратів відреагували штами *Pl. ostreatus* при культивованні на соняшниковому лушпинні. Серед досліджених штамів найінтенсивнішою реакцією на внесення добавок до субстратів характеризувався штам IBK-1535.

Найбільше зростання культурально-морфологічних показників викликали комплексні добавки до субстратів для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* як на соняшниковому лушпинні, так і на соломі ячменю.

У таблиці 6.5 наведені результати позитивного впливу (позначені +) використаних у дисертаційній роботі добавок до субстратів за даними сенсорного профільного аналізу запаху штамів *Pl. ostreatus*.

Згідно результатів сенсорного профільного аналізу запаху, виявлено позитивну дію мінеральних добавок на запашні властивості плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні на лушпинні соняшника та соломі ячменю. Зокрема, підвищення інтенсивності грибних, деревних та м'ясних нот запаху у середньому у 1,2-1,7 раза спостерігали як на лушпинні соняшника, так і на соломі ячменю з добавками солей кальцію, селену та феруму порівняно з контрольними зразками.

Збільшення інтенсивності трав'янистих, квіткових та солодких нот запаху виявлено при додаванні до субстратів солей селену, феруму, мангану, кальцію, купруму, магнію, цинку, а також «Аватар-1» та КМД у певних штамів у середньому у 1,2-4,4 раза порівняно з контролем.

Таблиця 6.5. Підвищення інтенсивності атрибутів аромату штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками, порівняно з контрольними зразками

Варіант добавки до субстрату	ІВК-549				ІВК-551				ІВК-1535			
	Соняшникове лушпиння		Солома ячменю		Соняшникове лушпиння		Солома ячменю		Соняшникове лушпиння		Солома ячменю	
	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху	Грибні, деревні, м'ясні ноти запаху	Трав'яністі, солодкі, квіткові ноти запаху
Ca10 ⁻² %	- - - -	- - - -	+ - - +	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - +	- - - -	- - - -	- - - -
Ca10 ⁻³ %	+ - - +	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - - +	- - - +	- - - -	- - - -	- - - -
Mg10 ⁻² %	- - - -	- + - -	- - - +	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ + + -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Mg10 ⁻³ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - +	- - - -	- - - +	- - - -
Fe10 ⁻³ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -	+ - - +	+ - - -
Fe10 ⁻⁴ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	+ - - -	- - - -
Mn10 ⁻³ %	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	+ - - -
Mn10 ⁻⁴ %	- - - -	- - - -	- - - +	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -
Zn10 ⁻⁴ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ + + -	- - - +	- - - -	- - - -	- - - -
Zn10 ⁻⁵ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - +	- - - +	- - - -	- + - -
Cu10 ⁻⁴ %	- + - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ + + -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
Cu10 ⁻⁵ %	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- + - -	- - - -	- - - -	- - - -
Se10 ⁻⁵ %	+ - - +	- - - -	- - - -	+ + + -	- - - -	+ - - +	- - - -	- + + -	+ - - +	+ - - -	- - - +	- - - -
Se10 ⁻⁶ %	- - - -	- - - -	- - - -	- - - +	- - - -	- - - +	+ - - -	- - - -	- - - -	- - - -	+ - - -	- - - -

Продовження табл. 6.5

КМД 10^{-2} %	---	--+	+--	---+	---	---	---	---+	---	--+	--+	---
КМД 10^{-3} %	---	--+	---	---	---	--+	---	---	-+-	---	---	---
A 10^{-2} %	-+-	---	---	---	---	---	+--	---	-+-	---	---	---
A 10^{-3} %	---	---	---	---	---	---	---	---	-+-	---	---	---
СО 1 %	+ - +	+ - -	+ - -	---	+ - +	+ - -	+ - +	---	+ - -	+ - -	+ - +	---
СО 5 %	+ - +	+ - +	--+	---	--+	---	+ - +	---	+ - -	+ - -	+ - +	+ - -
КО 1 %	+ - -	+++	+ - +	+ - -	+ - +	++-	+ - +	+++	+++	+ - -	+ - +	+ - -
КО 5 %	---	+++	+ - +	+ - -	+ - +	++-	+ - +	+++	+ - -	+ - -	+++	+ - -
КЛ 1 %	---	---	--+	---	---	--+	---	---	+ - -	--+	--+	---
КЛ 5 %	---	---	--+	---	+ - -	+ - +	+ - -	---	+ - -	---	+ - -	---
ПВ 1 %	+ - +	---	---	---	+ - -	---	+ - +	---	---	--+	---	--+
ПВ 5 %	---	---	+ - +	---	-++	---	+ - +	---	---	---	+ - +	---
СЖ 1 %	+ - -	+++	++-	-+-	+++	+ - +	+++	+ - -	+++	-++	++-	+ - -
СЖ 5 %	+ - +	+++	+++	---	+ - -	+ - -	+++	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -
СБ 1 %	---	-+-	+ - -	---	++-	--+	+ -	---	-+-	---	---	-+-
СБ 5 %	+ - -	-++	+ - -	-+-	+ - -	---	+ -	---	-+-	+ - -	-+-	---
КД 1 %	---	---	--+	---	--+	---	--+	---	++-	---	--+	---
КД 5%	+ - +	---	+ - +	---	+ - +	--+	+ - +	---	+ - +	--+	--+	---
ТД 1 %	+ - +	--+	--+	---	+ - -	---	--+	---	++-	---	+++	---
ТД 5 %	-+-	--+	+++	---	--+	---	+ - +	---	-+-	---	+++	---
МС 1 %	---	+ - -	--+	---	+ - -	+ - -	+ - +	---	+ - -	---	+ - +	---
МС 5 %	+ - +	+ - -	---	---	-+-	---	+ - -	---	+ - -	---	---	---
ДЕ 10^{-2} %	++-	+ - +	+++	+ - -	++-	+ - +	+ - +	+ - +	+++	+ - -	+ - -	++-
ДЕ 10^{-3} %	++-	+ - -	+++	+ - -	+ - -	+ - +	+ - +	++-	-+-	+ - -	+ - -	+ - -
ОБ	+ - +	+ - +	+ - +	---	+++	+ - -	+++	---	---	+ - -	+ - -	+ - -

При сенсорному аналізі плодових тіл *Pl. ostreatus*, отриманих за додавання рослинних олій до субстрату, спостерігали позитивний вплив соняшникової та кукурудзяної олій у концентрації 1 та 5 % на грибні, м'ясні, трав'янисті та солодкі ноти запаху. Відмічено підвищення їх інтенсивності у середньому від 1,2 до 2,6 раза. Це можна пояснити знаходженням у складі цих олій ненасичених жирних кислот – попередників синтезу запашних речовин грибів.

Результати нашого дослідження показали, що деякі з використаних у роботі комплексних добавок до субстратів сприяли зміні інтенсивності окремих нот запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*. Зокрема, зафіксовано підвищення у 1,2-1,4 раза інтенсивності грибних нот запаху грибів при додаванні до субстратів солоду житнього, дріжджового екстракту, органічної біодобавки, соєвого борошна, кукурудзяних лусочок та молочної сироватки при культивуванні усіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* порівняно з контролем.

Також відмічено підвищення інтенсивності деревних, трав'янистих та квіткових нот запаху досліджених штамів *Pl. ostreatus* у середньому у 1,2-2,1 раза при додаванні до субстратів житнього солоду, соєвого борошна, дріжджового екстракту та «Органічної добавки» у зазначених концентраціях порівняно з контролем.

Необхідно звернути увагу на те, що при застосуванні деяких добавок до субстратів було відзначено посилення кислих та гнильних нот запаху висушених плодових тіл досліджених штамів.

При аналізі даних таблиці 6.5 можна відмітити, що досліджені штами інтенсивніше реагували на органічні та комплексні добавки щодо підвищення запашних властивостей плодових тіл, що, перш за все, можна пояснити збільшенням кількості попередників синтезу ароматутворюючих речовин, які з'являються внаслідок метаболізму органічних сполук, що входять до складу даних добавок. Причому це зростання відзначено як для плодових тіл, культивованих на соняшниковому лушпинні, так і на соломі ячменю.

У цьому досліді також зафіксовано, що краще за інші на покращення запаших властивостей плодових тіл під впливом різноманітних добавок відреагував штам *Pl. ostreatus* IBK-1535.

Отримані нами дані спектрофотометричного аналізу щодо впливу досліджених добавок до субстратів на формування профілю аромату грибів у процесі їх твердофазного культивування показали позитивний вплив багатьох з них. На рисунках 6.20-6.25 наведені діаграми збільшення оптичної густини (у %) екстрактів плодових тіл грибів, отриманих на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю, збагачених мінеральними, органічними та комплексними добавками, які мали найбільш суттєве значення для підвищення інтенсивності аромату штамів *Pl. ostreatus*.

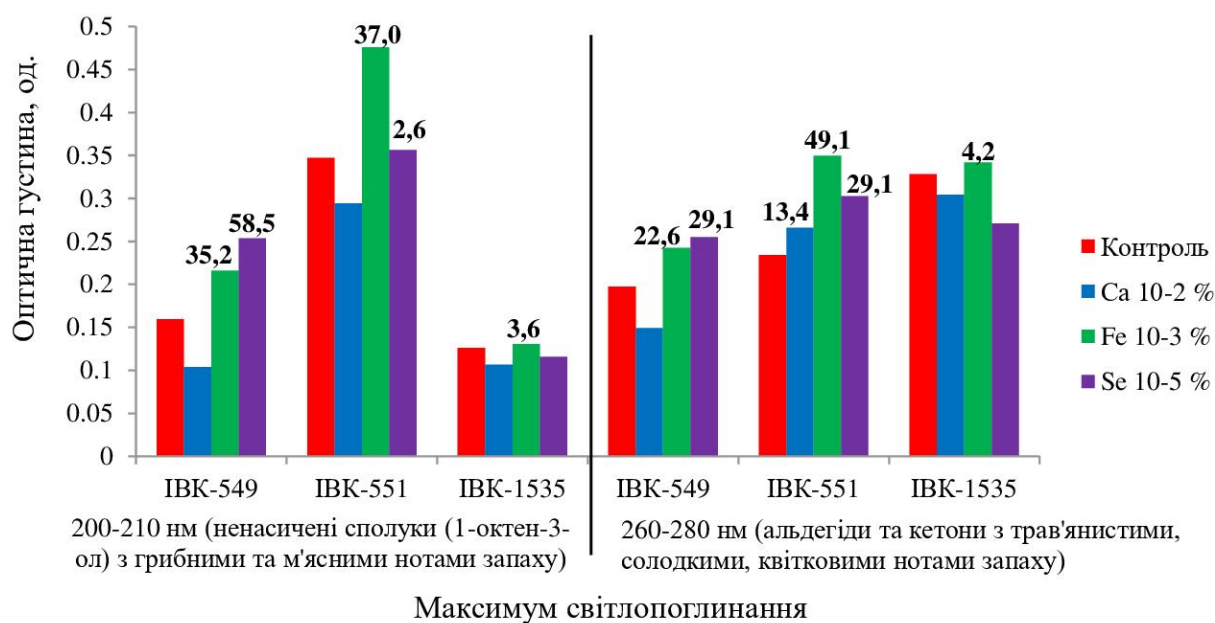


Рис. 6.20. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з мінеральними добавками

Серед досліджених мінеральних добавок сприяла найбільшому підвищенню оптичної густини екстрактів *Pl. ostreatus* сіль феруму у концентрації 10^{-3} %. При культивуванні на соняшниковому лушпинні найбільш суттєве збільшення максимумів світлопоглинання спостерігалось для штаму

ІВК-551 (на 37,0-49,1 %) в усьому діапазоні довжин хвиль порівняно з контролем. В той же час, при вирощуванні на соломі ячменю зафіксовано більш значне підвищення оптичної густини екстрактів досліджених штамів при 200-210 нм (у середньому на 43,0-96,2 %), тобто відзначений вищий вміст в екстрактах запашних сполук з грибним та м'ясним ароматом. Такий суттєвий вплив іонів Fe^{2+} обумовлений їх присутністю у складі ферментів діоксигеназ, які каталізують ключову реакцію ліпоксигеназного шляху утворення летких запашних сполук, таких як 1-октен-3-ол, грибами [47].

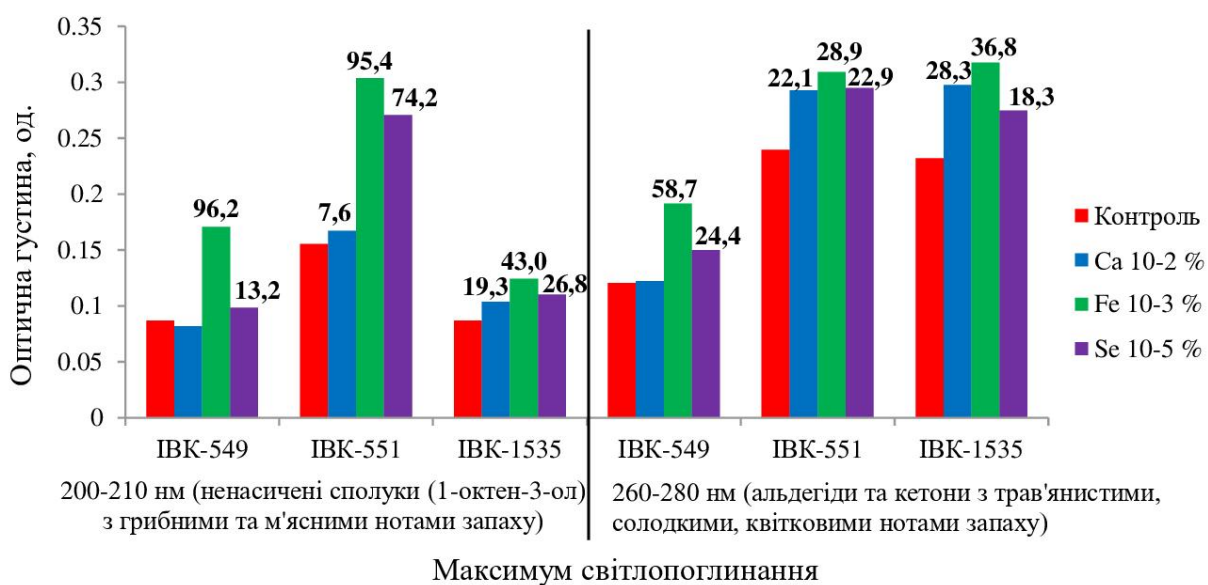


Рис. 6.21. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з мінеральними добавками

Також слід відмітити, що сіль селену у концентрації 10^{-5} %, додана до соняшникового лушпиння та соломи ячменю при твердофазному культивуванні, призвела до підвищення оптичної густини екстрактів штамів *Pl. ostreatus* у середньому на 13,2-74,2 % порівняно з контролем, що знаходить підтвердження у роботах інших науковців [54-57]. Отримані результати дають змогу стверджувати, що така дія селену пов'язана з його участю у складі ферменту глутатіонпероксидази у захисті клітин грибів від впливу гідропероксидів жирних

кислот, які утворюються у реакціях ліпоксигеназного метаболічного шляху, що у свою чергу сприяє більшому синтезу продуктів цих реакцій, які є запашними речовинами.

Таким чином, краще за все реагував на мінеральні добавки штам IBK-551, який характеризувався середньою інтенсивністю грибного аромату.

Згідно результатів проведеного дослідження визначений позитивний вплив соняшникової та кукурудзяної олій на підвищення оптичної густини гексанових екстрактів висушених плодових тіл досліджуваних штамів *Pl. ostreatus*, вирощених на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю. Для штаму IBK-549 додавання олій у концентрації 1 % підвищувало запашні властивості плодових тіл, що підтверджено зростанням оптичної густини екстрактів в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль (200-350 нм) у середньому на 3,1-39,2 %.

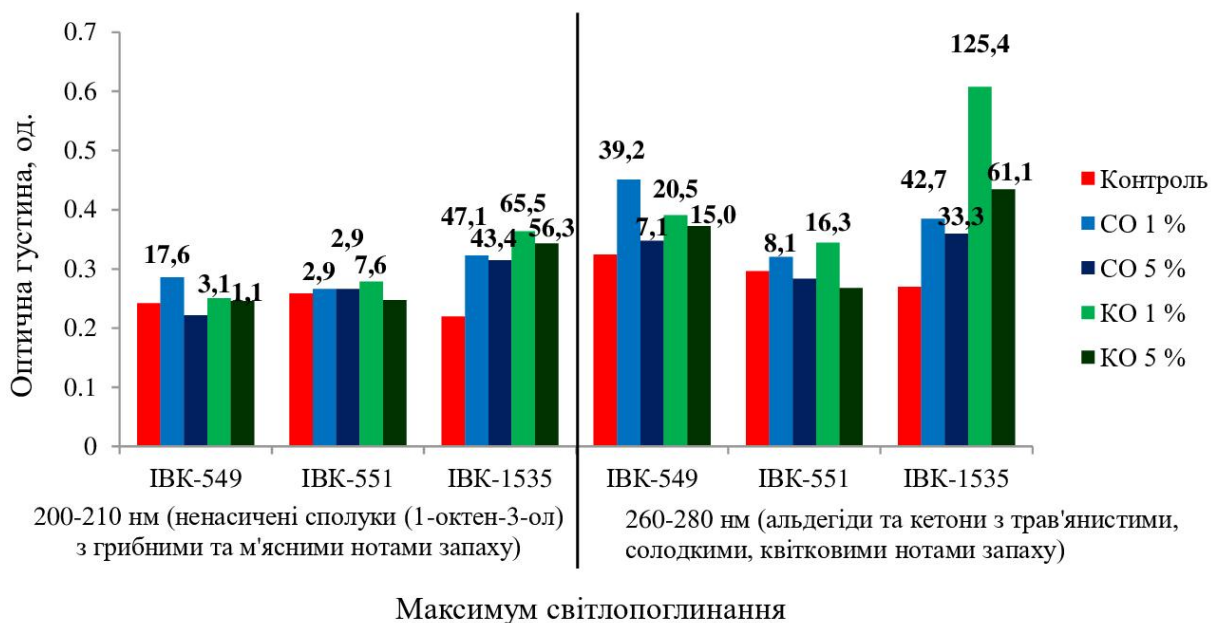


Рис. 6.22. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з рослинними оліями

Для штаму IBK-1535 запашні властивості покращилися при додаванні у субстрати обох олій у концентрації 1 та 5 %: оптична густина екстрактів зросла

у середньому на 18,5-125,4 %. Слід зазначити, що серед досліджених штамів *Pl. ostreatus* саме для IBK-1535 спостерігалось найінтенсивніше підвищення запашних властивостей при додаванні рослинних олій до субстратів.

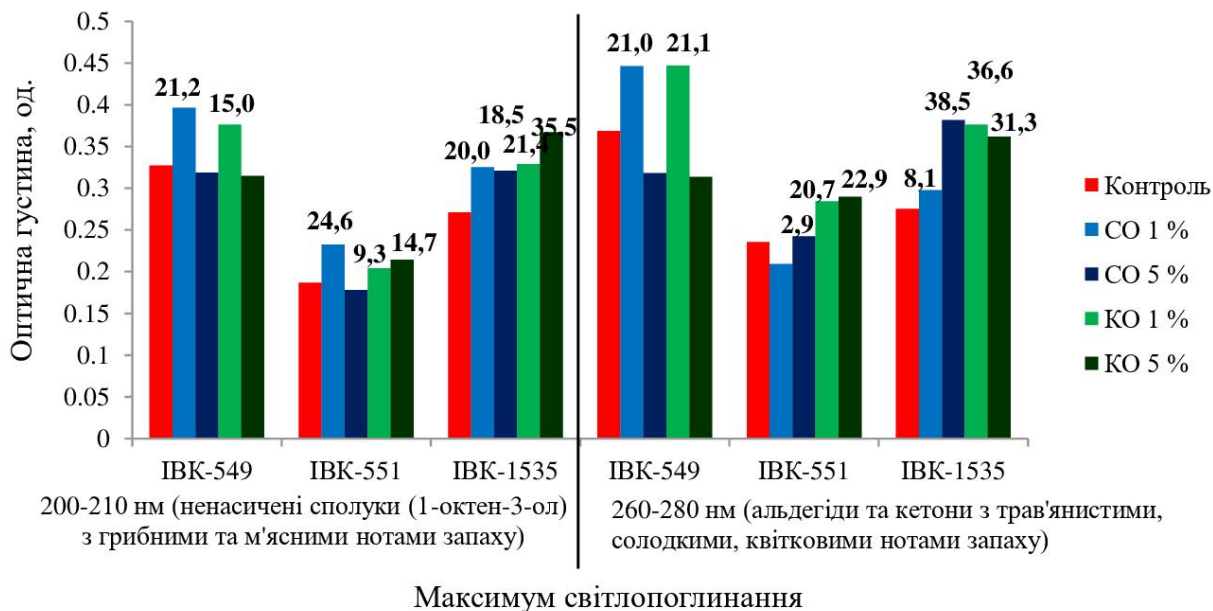


Рис. 6.23. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з рослинними оліями

Штам IBK-551 слабше за інші відреагував на внесення рослинних олій у субстрат. Для нього відмічено незначне підвищення оптичної густини (на 2,9-24,6 %) грибних екстрактів у варіантах з концентрацією рослинних олій 1 % у порівнянні з контролем.

Такий вплив соняшникової та кукурудзяної олій на профіль аромату грибів, на нашу думку, обумовлений наявністю у складі цих олій ненасичених жирних кислот, таких як лінолева та ліноленова [261], які є попередниками синтезу C_8 летких сполук [47] та основними субстратами ліпоксигеназного шляху [60], у результаті реакцій якого і утворюється комплекс запашних речовин грибів. Більш того, рослинні олії можуть використовуватися грибами як джерело карбону [185] і їх додавання до субстратів сприяє підвищенню інтенсивності основного метаболізму грибів, що, у свою чергу, сприяє протіканню реакцій вторинного обміну та утворенню більшої кількості летких речовин.

Аналіз результатів наукової роботи показав, що такі комплексні добавки до субстратів, як солод житній (1 %), соєве борошно (1 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} %), молочна сироватка (1 %), «Органічна біодобавка» (1,25 %), сприяли підвищенню оптичної густини екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні та солоті ячменю.

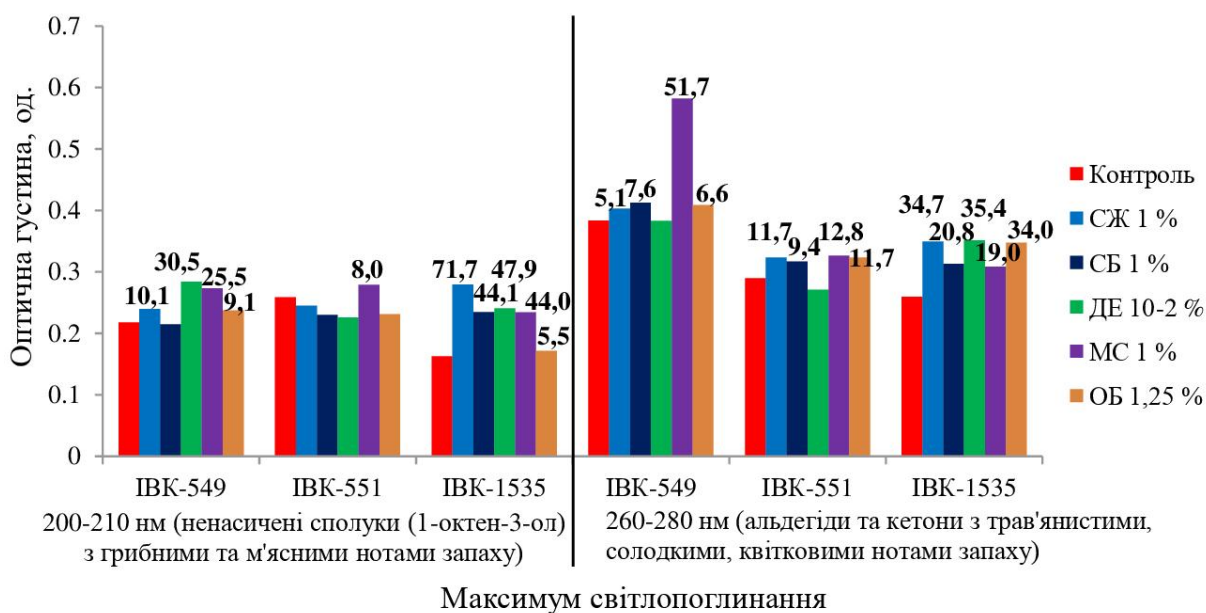


Рис. 6.24. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з комплексними добавками

Зокрема, спостерігалась найінтенсивніша реакція штаму IBK-1535 на внесення зазначених комплексних добавок. Для екстрактів цього штаму відмічено підвищення оптичної густини порівняно з контролем як при 200-210 нм (у середньому на 14,1-71,7 %), що свідчить про вищий вміст запашних сполук з грибними та м'ясними відтінками аромату, так і на ділянці світлопоглинання альдегідів та кетонів з трав'янистими, солодкими, квітковими нотами запаху при 250-300 нм (у середньому на 20,8-129,8 %).

Для штамів IBK-549 та IBK-551 зафіксовано підвищення оптичної густини гексанових екстрактів, отриманих при додаванні солоду житнього (1 %), соєвого борошна (1 %), дріжджового екстракту (10^{-2} %), молочної сироватки (1 %),

«Органічної біодобавки» (1,25 %) до соняшникового лущиння та соломи ячменю на 3,4-51,7 % у порівнянні з контролем.

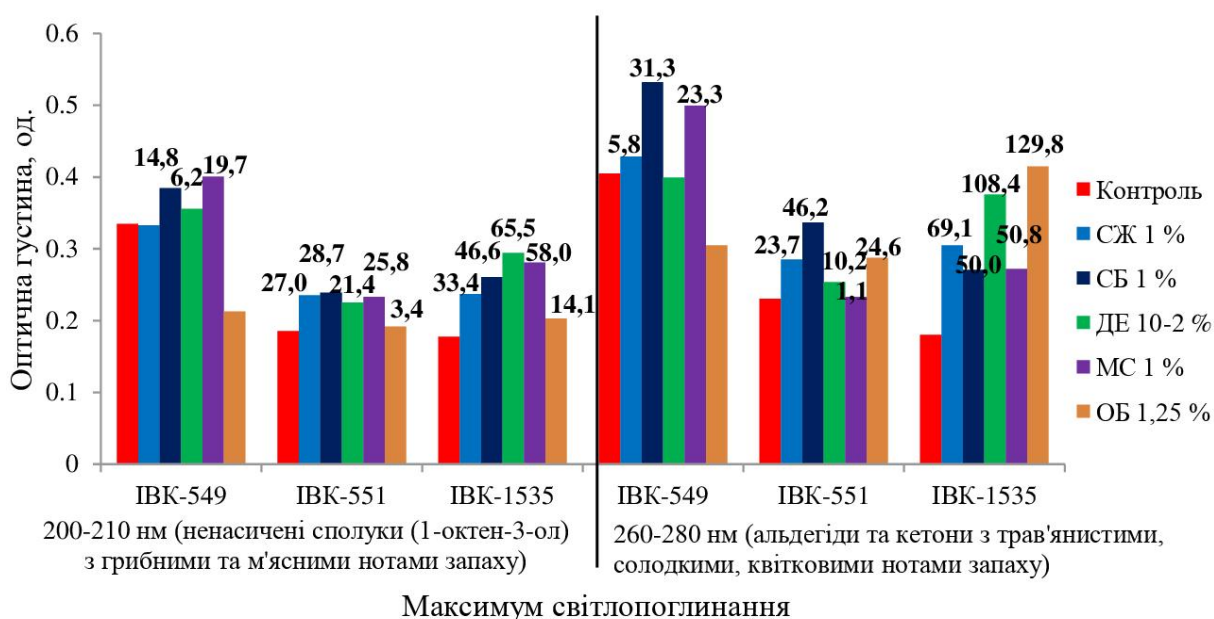


Рис. 6.25. Збільшення (у %) інтенсивності світлопоглинання екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з комплексними добавками

Такий позитивний вплив більшості використаних у дослідженні комплексних добавок до субстратів на нашу думку можна пояснити високим вмістом у них білків, легкозасвоюваних вуглеводів (глюкози, фруктози, мальтози, декстрину), поліненасичених жирних кислот, мінералів (фосфору, калію, магнію, феруму, мангану, кальцію, купруму, йоду, фтору, цинку, селену), вітамінів (А, Е, С, Н, В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₉, Е, F) [267, 274, 276, 287], які сприяють інтенсивному перебігу процесів метаболізму, збільшують продуктивність та підвищують синтез летких запашних сполук грибами.

Узагальнюючи отримані результати роботи можна відмітити, що досліджені штами *Pl. ostreatus* по-різному реагували на застосовані добавки до субстратів вмістом запашних речовин у плодових тілах. Штам IBK-1535, інтенсивність аромату якого відзначена найвищою серед досліджених штамів,

відзначився найвищим позитивним відгуком на використанні у дослідженні добавки до субстратів підвищенням запашних властивостей плодових тіл.

Необхідно наголосити, що при культивуванні на соняшниковому лушпинні, порівняно з іншими дослідженими субстратами, плодові тіла штамів *Pl. ostreatus* мали найбільш виражений грибний аромат. Застосування різноманітних за складом та хімічною природою добавок до субстратів сприяло підвищенню інтенсивності аромату грибів у порівнянні з контрольними зразками. Зокрема, найбільший позитивний вплив на формування профілю аромату чинили солі феруму, кальцію та селену, рослинні олії, солод житній, соєве борошно та дріжджовий екстракт, які за результати проведеної роботи можуть бути рекомендовані для використання у грибовництві з метою підвищення запашних властивостей плодових тіл їстівних грибів.

Висновки до розділу 6:

1. Застосовані добавки до субстратів при твердофазному культивуванні *Pl. ostreatus* у багатьох варіантах досліді виявили позитивний вплив на культурально-морфологічні показники росту досліджених штамів:

– *терміни появи примордіїв та плодоносіння*

Додавання солей кальцію (концентрація 10^{-2} та 10^{-3} %), селену (10^{-5} та 10^{-6} %), магнію (10^{-2} %), феруму (10^{-4} %), купруму (10^{-4} та 10^{-5} %) та «Аватар-1» (10^{-2} та 10^{-3} %) до субстратів скорочувало термін появи примордіїв на лушпинні соняшника та соломі ячменю у середньому на 2-4 доби для всіх досліджених штамів порівняно з контролем.

Встановлено скорочення терміну плодоносіння на субстратах з використанням мінеральних добавок: «Аватар-1» (концентрація 10^{-2} та 10^{-3} %), селен (10^{-5} %), магній (10^{-2} %) кальцій (10^{-2} та 10^{-3} %), купрум (10^{-4} та 10^{-5} %) та ферум (10^{-3} %) у середньому на 8,3-33,3 %.

Соняшникова та кукурудзяна олії, додані до досліджених субстратів, суттєво не впливали на терміни обростання субстрату міцелієм, появи

примордіїв та першої хвилі плодоносіння штамів *Pl. ostreatus* у порівнянні з контролем.

Для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus* відмічено скорочення на 2-3 доби терміну появи примордіїв та I хвилі плодоносіння при використанні як добавок до субстратів кукурудзяних лусочок та кори дуба, а для штаму IBK-549 також і житнього солоду порівняно з контролем. Застосування «Органічної біодобавки для грибів» покращувало ростові процеси штамів IBK-549 та IBK-551 при культивуванні на соломі ячменю. Зафіксовано, що додавання до субстратів пшеничних висівок, молочної сироватки та дріжджового екстракту збільшувало терміни плодоносіння на 3-5 діб для всіх досліджених штамів порівняно з контролем.

– *кількість утворених грибних зростків*

Збільшення кількості зростків зафіксовано на обох субстратах з додаванням солей цинку (концентрація 10^{-5} %), купруму (10^{-5} %), кальцію (10^{-2} та 10^{-3} %), мангану (10^{-3} та 10^{-4} %), феруму (10^{-3} та 10^{-4} %), селену (10^{-5} та 10^{-6} %), а також «Аватар-1» (10^{-2} та 10^{-3} %) та КМД (10^{-2} та 10^{-3} %) у середньому на 25,8-99,2 % у різних штамів порівняно з контролем.

Для штаму IBK-551 спостерігалось збільшення кількості зростків на 36,5 % на соняшниковому лушпинні з додаванням кукурудзяної олії у концентрації 1 %. Для штаму IBK-1535 при культивуванні на обох субстратах з добавками обох олій у концентраціях 1 та 5 % (крім кукурудзяної олії у концентрації 5 %, доданої до соняшникового лушпиння) спостерігали збільшення кількості зростків на 32,1-134,1 % порівняно з контролем.

Використання кукурудзяних лусочок (у концентрації 5 %, штами IBK-549 та IBK-1535), житнього солоду (1 та 5 %, штами IBK-551 та IBK-1535), пшеничних висівок та соєвого борошна (1 та 5 %, штами IBK-1535), а також кори дуба (1 та 5 %, штами IBK-549), органічної біодобавки (1,25 %, штами IBK-1535) та дріжджового екстракту (10^{-2} та 10^{-3} %, штами IBK-1535) як добавок до соломи ячменю, сприяло збільшенню кількості грибних зростків на 34,7-317,7 % порівняно з контролем.

– вихід плодових тіл за субстратом

Додавання до соняшникового лушпиння солей цинку (10^{-4} та 10^{-5} %, штам IBK-551) та селену (10^{-5} %, штам IBK-1535) сприяло збільшенню виходу плодових тіл за субстратом на 23,7-49,5 % порівняно з контролем. На соломі ячменю за додавання солей мангану (10^{-3} %) та купруму (10^{-4} та 10^{-5} %) для штамів IBK-551 та IBK-1535 вихід плодових тіл за субстратом збільшився на 32,7-69,9 %; кальцію (10^{-2} та 10^{-3} %) для штаму IBK-1535 – на 46,9-51,3 % порівняно з контролем.

Вихід плодових тіл за субстратом I хвилі плодоносіння підвищився при додаванні обох олій у концентрації 1 та 5 % під час культивування всіх досліджених штамів на лушпинні соняшника у середньому на 13,3-44,9 %, а для штамів IBK-551 та IBK-1535 на соломі ячменю – на 13,3-50,0 %.

Більшість з досліджених комплексних добавок мали позитивний вплив на вихід плодових тіл за субстратом. Так, додавання кукурудзяних лусочок (у концентрації 1 та 5 %, усі досліджені штами) викликало збільшення виходу за субстратом плодових тіл *Pl. ostreatus* у середньому на 27,9-145,7 %, солоду житнього (1 та 5 %, усі досліджені штами) – на 37,5-140,7 %, соєвого борошна (1 та 5 %, усі досліджені штами) – на 49,0-154,6 %, кори дуба (1 та 5 %, усі досліджені штами) – на 15,4-87,0 %, «Органічної добавки для грибів» (1,25 %, усі досліджені штами) – на 26,3-111,1 %, пшеничних висівок (5 %, штами IBK-549 та IBK-1535), деревної тирси (1 та 5 %, штами IBK-549 та IBK-551) – на 15,2-84,3 %, молочної сироватки (1 %, штам IBK-551; 5 %, штами IBK-549 та IBK-1535) – на 21,5-56,7 %, дріжджового екстракту (10^{-2} та 10^{-3} %, штами IBK-549 та IBK-1535; 10^{-2} %, штам IBK-551) – на 29,6-74,1 % порівняно з контролем.

2. При проведенні сенсорного аналізу підвищення інтенсивності грибних та м'ясних нот запаху у середньому у 1,2-1,7 раза спостерігали на лушпинні соняшника з добавками солей кальцію (10^{-2} та 10^{-3} %) та селену (10^{-5} %) для штамів IBK-549 та IBK-1535, а також сульфату феруму (10^{-3} та 10^{-4} %) – для штамів IBK-551 та IBK-1535 порівняно з контрольними зразками.

На соломі ячменю підвищення інтенсивності грибної складової запаху *Pl. ostreatus* у 1,1-1,5 раза спостерігали при додаванні до субстрату солі кальцію (10^{-2} %) та КМД (10^{-2} %) для штаму ІВК-549; солі селену (10^{-5} та 10^{-6} %) та «Аватар-1» (10^{-2} %) – для штаму ІВК-551; солей феруму (10^{-3} та 10^{-4} %) та селену (10^{-5} та 10^{-6} %) – для штаму ІВК-1535 порівняно з контролем.

Зафіксовано достовірне підвищення у 1,2-1,3 раза інтенсивності грибних нот плодових тіл *Pl. ostreatus* при додаванні до субстратів солоду житнього та дріжджового екстракту (у концентрації 1 та 5 %), «Органічної біодобавки» (1,25 %) при культивуванні усіх досліджуваних штамів порівняно з контролем. Посиленню інтенсивності грибної складової аромату сприяли також добавки соєвого борошна (1 та 5 %) при вирощуванні штамів ІВК-549 та ІВК-551 (у 1,2-1,4 раза), кукурудзяних лусочок (5 %) та молочної сироватки (1 %) – штамів ІВК-551 та ІВК-1535 (у 1,2-1,3 раза).

Підвищення деревних, трав'янистих, квіткових та солодких нот запаху виявлено при додаванні до лущиння соняшника солей селену (10^{-5} та 10^{-6} %), феруму (10^{-3} %), мангану (10^{-3} %), кальцію (10^{-3} %), купруму (10^{-4} та 10^{-5} %), магнію (10^{-2} %), а також «Аватар-1» (10^{-2} та 10^{-3} %) та КМД (10^{-2} та 10^{-3} %) у визначених штамів у середньому у 1,2-4,4 раза. На соломі ячменю зростання вищезазначених атрибутів запаху плодових тіл досліджених штамів зафіксовано при додаванні до субстрату солей мангану (10^{-3} та 10^{-4} %), купруму (10^{-4} %), магнію (10^{-2} %), цинку (10^{-4} та 10^{-5} %), феруму (10^{-3} %), селену (10^{-5} та 10^{-6} %) та КМД (10^{-2} та 10^{-3} %) у певних штамів у середньому у 1,3-1,5 раза порівняно з контролем.

Відмічено підвищення інтенсивності деревних, трав'янистих та квіткових нот запаху досліджених штамів *Pl. ostreatus* у середньому у 1,2-2,1 раза при додаванні до субстратів житнього солоду, соєвого борошна, дріжджового екстракту та органічної добавки у зазначених концентраціях порівняно з контролем.

Соняшникова та кукурудзяна олії у концентрації 1 та 5 % у складі субстрату сприяли підвищенню інтенсивності грибних, м'ясних, трав'янистих та солодких нот запаху у середньому від 1,2 до 2,6 раза.

3. За результатами спектрофотометричного аналізу встановлено підвищення оптичної густини грибних екстрактів, отриманих з плодових тіл, культивованих на соняшниковому лушпинні при додаванні до субстрату солей Fe (10^{-3} %) та Se (10^{-5} %) для штамів IBK-549 та IBK-551 у середньому у 1,3-2,6 рази в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль у порівнянні з контролем.

Солі Fe (10^{-3} %), Se (10^{-5} %) (для штамів IBK-549, IBK-551, IBK-1535) та Ca (10^{-2} %) (для штаму IBK-1535) як добавки до соломи ячменю також сприяли підвищенню оптичної густини екстрактів грибів в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль у середньому у 1,2-2,2 рази у порівнянні з контролем.

Для штаму IBK-549 додавання олій у концентрації 1 % підвищувало показники оптичної густини в усьому дослідженому діапазоні довжин хвиль (200-300 нм) у середньому у 1,2-1,4 рази. Для штаму IBK-1535 оптична густина екстрактів зросла у середньому у 1,4-2,5 рази при додаванні у субстрати обох олій у концентрації 1 та 5 %. А штам IBK-551 слабкіше за інші відреагував на додавання рослинних олій у субстрат. Для нього відмічено незначне підвищення оптичної густини (у 1,1-1,2 рази) екстрактів у варіантах з внесенням рослинних олій у кількості 1 % порівняно з контролем.

Такі комплексні добавки до субстратів, як солод житній (1 %), соєве борошно (1 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} %), «Органічна біодобавка» (1,25 %), молочна сироватка (5 %) сприяли підвищенню оптичної густини екстрактів грибів штамів IBK-551 та IBK-1535, культивованих на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю, у 1,1-2,1 рази в усьому діапазоні довжин хвиль порівняно з контролем, що свідчить про підвищення вмісту запашних сполук під впливом зазначених добавок. Зафіксовано також збільшення оптичної густини екстрактів штаму IBK-549, вирощеного на лушпинні соняшника з добавкою дріжджового екстракту (10^{-2} %) та молочної сироватки (5 %), – у 1,3 рази при 200-210 нм, що обумовлене більшим вмістом в екстрактах ненасичених сполук з типовим грибним ароматом, таких як 1-октен-3-ол.

Публікації за результатами досліджень, представлених у розділі 6:

Власенко К. М., Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Вплив мінеральних речовин на синтез летких органічних сполук грибами *Pleurotus ostreatus* у процесі твердофазного культивування. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Т. 8, № 4. С. 489-496. doi:10.15421/021775.

Vlasenko E. N., Kuznetsova O. V. Biosynthesis of volatiles by *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. mushrooms on substrates enriched with vegetable oils. *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11, No 3. P. 56-68. doi: 10.15407/biotech11.03.056.

Власенко К. М., Кузнецова О. В., Степневська Я. В. Дослідження впливу іонів Fe^{2+} на синтез летких запашних сполук штамом гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. ІВК-551. *Біологічні дослідження – 2018*: 36. наук. праць. Житомир: ПП «Рута», 2018. С. 314-317.

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Використання рослинних олій для підвищення інтенсивності аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. при твердофазному культивуванні. *Біотехнологія XXI століття*: матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю з дня народження Артура Корнберга, 20 квітня 2018 р. К.: КПП, 2018. С. 21.

Vlasenko E. Rye malt as an additive to improve the aroma properties of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. in the process of substrate cultivation. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 84 міжнар. наук. конф. мол. учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2018 р. К.: НУХТ, 2018. Ч.1. С. 511.

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Оптимізація складу субстратів при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* (Jack.: Fr.) Kumm. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали Міжнар. конф. молодих учених, 2-5 вересня 2018 р. К.: видавець Бихун В. Ю., 2018. С.70.

Власенко К. М. Вплив мангану на культурально-морфологічні ознаки розвитку та запашні властивості штамів гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «*Біотехнологія XXI століття*»: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 19 квітня 2019. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 15.

РОЗДІЛ 7

ЗАПАШНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА КУЛЬТУРАЛЬНО- МОРФОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТУ ШТАМІВ *PL. OSTREATUS* У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ КУЛЬТИВУВАННЯ ТА ХВИЛІ ПЛОДОНОСІННЯ

7.1. Культурально-морфологічні характеристики росту *Pl. ostreatus* при культивуванні за різних температур

Інкубацію всіх варіантів досліду до повного заростання субстратів міцелієм здійснювали за однакової температури – 26-28 °С. Термін обростання субстрату міцелієм для всіх досліджених штамів склав 6-7 діб. Міцелій був білий, пухнастий, більш щільний на соняшниковому лушпинні.

Плодові тіла отримували при наступних температурних режимах:

- 10-12 °С;
- 13-14 °С;
- 15-16 °С;
- 17-18 °С.

Зразки отриманих за різних температурних умов плодових тіл *Pl. ostreatus* різних штамів показані на рисунку 7.1.

Аналізуючи представлені фото, можна відмітити, що плодові тіла *Pl. ostreatus* IBK-551, культивовані за різних температур, морфологічно суттєво не відрізнялися. Для штаму IBK-549 характерне видовження ніжки та скручування шапинки при культивуванні за низьких температур (10-12 °С), а для штаму IBK-1535, навпаки, при вирощуванні за більш високої температури (17-18 °С) відбувалася деформація шапинки та спостерігався її нерівний край.

Параметри росту штамів *Pl. ostreatus*, культивованих за різних температур, представлені у таблиці 7.1.

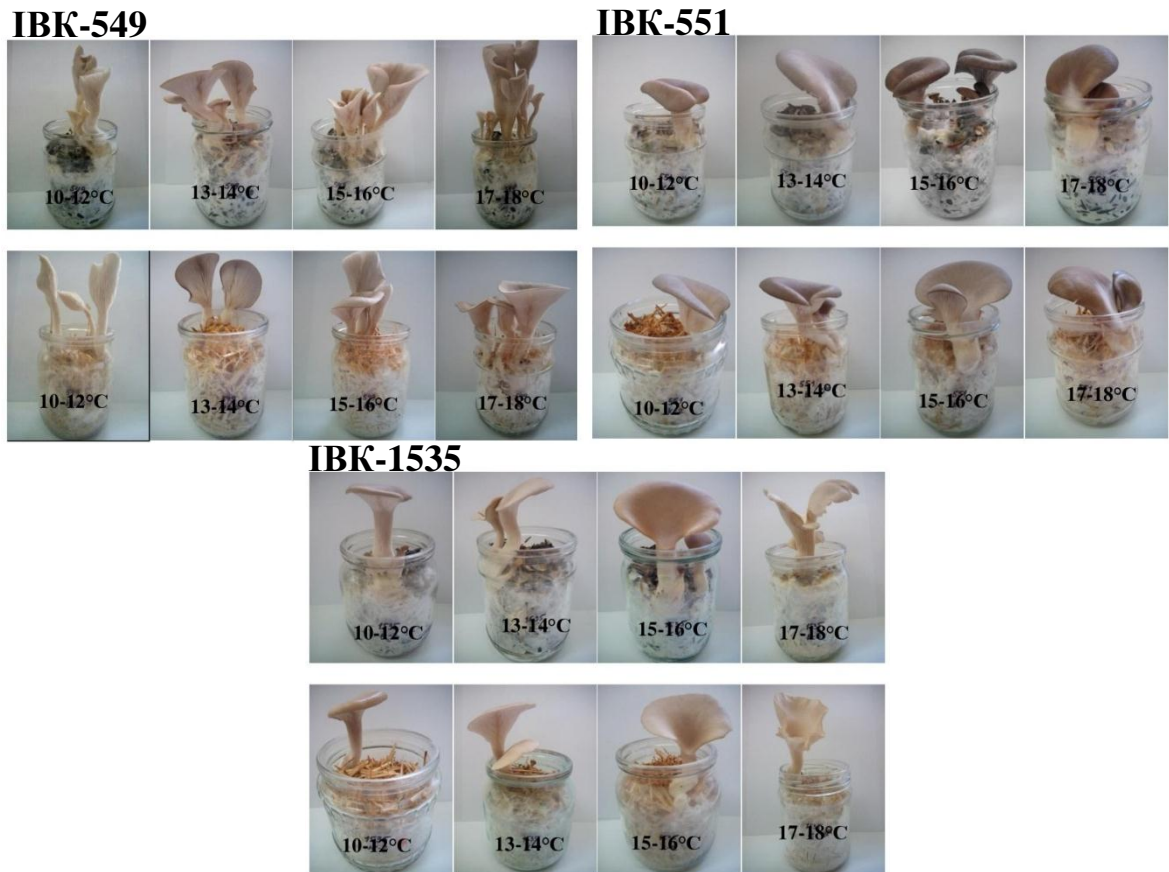


Рис. 7.1. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивовані за різних температур (верхній ряд: субстрат – соняшникове лушпиння, нижній ряд: субстрат – солома ячменю)

Примордії та плодові тіла найшвидше з'явилися за температури 15-16 °C у всіх досліджених штамів на соняшниковому лушпинні. На соломі ячменю перші примордії з'явилися у штаму IBK-549 за температури 15-16 °C та 17-18 °C, у штамів IBK-551 та IBK-1535 – 13-14 °C. Найкоротший термін I хвилі плодоношення на соломі ячменю для всіх досліджених штамів зафіксований за температури 15-16 °C та 17-18 °C. Найдовші терміни утворення примордіїв (18-19 діб) та плодоношення (28-29 діб) відзначені за температури культивування 10-12 °C (для всіх штамів і на всіх субстратах).

Таблиця 7.1. Параметри росту штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні за різних температур

Температура культивування	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г	Термін появи примордіїв, доба	Перша хвиля плодоносіння, доба	Кількість зростків на 100 г субстрату, шт	Вихід за субстратом першої хвилі плодоносіння, г/100 г	Вихід за субстратом другої хвилі плодоносіння, г/100 г
	Соняшникове лушпиння					Солома ячменю				
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-549									
10-12 °C	19	28	23,1±1,4	5,8±0,3	2,6±0,4	18-20	28	28,1±1,3	7,8±0,3	3,2±0,7
13-14 °C	18	24-26	18,0±2,2	9,2±0,2	3,9±0,1	17-21	27-29	18,8±1,6	10,8±0,6	5,8±0,3
15-16 °C	11-12	17-19	16,9±1,4	14,6±0,6	4,5±0,6	12-13	18-20	18,5±1,0	11,7±0,9	8,9±1,4
17-18 °C	13-14	19-20	12,9±1,8	14,7±1,1	3,3±0,4	12-14	19-20	16,1±1,3	11,3±0,9	4,4±0,2
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551									
10-12 °C	16-18	28	24,0±0,9	8,4±0,3	3,0±0,3	18-19	25-29	23,6±1,1	13,0±0,8	4,1±0,4
13-14 °C	16	26	13,8±1,2	9,9±0,2	3,1±0,3	14-15	26	14,6±1,7	14,0±0,5	5,1±0,3
15-16 °C	14-17	20-22	8,9±1,2	12,9±1,7	4,2±0,4	17-19	22-28	11,8±2,3	13,2±0,6	6,9±0,7
17-18 °C	17	21-24	8,7±0,5	12,4±1,2	3,9±0,2	17-19	21-26	9,7±1,0	14,0±1,3	7,0±1,4
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535									
10-12 °C	18	29	18,4±2,7	9,4±0,4	3,1±0,2	18	28	20,3±3,0	12,2±0,6	4,3±0,3
13-14 °C	15-16	26-28	12,4±1,0	10,4±0,5	3,4±0,1	16	28	9,7±1,6	14,1±0,6	4,4±0,5
15-16 °C	12-14	18-19	11,8±0,7	11,6±0,8	4,1±0,6	15-19	22-25	8,8±1,3	13,5±1,1	4,4±0,5
17-18 °C	15-17	27-29	11,1±1,0	9,4±1,5	3,4±0,3	16-18	27-29	8,2±1,7	12,6±1,0	4,9±0,4

Кількість грибних зростків була найбільшою за температури культивування 10-12 °C у всіх варіантах досліду для всіх штамів. Для штаму IBK-549 їх кількість спостерігалася у 1,3-1,8 раза вища порівняно зі зразками, культивованими за більш високих температур, для штаму IBK-551 – у 1,6-2,8 раза, для штаму IBK-1535 – у 1,5-2,5 раза.

Вихід плодових тіл за субстратом I хвилі плодоносіння на соняшниковому лушпинні був найвищий за температури культивування 15-16 °C та 17-18 °C (для штамів IBK-549, IBK-551), що у 1,5-2,5 раза більше, ніж при інших температурних режимах. Для штаму IBK-1535 найбільший вихід плодових тіл на цьому субстраті зафіксований за температури культивування 15-16 °C, але він був нижче, ніж у інших штамів у середньому у 1,1-1,3 раза.

Вихід плодових тіл за субстратом I хвилі плодоносіння на соломі ячменю був найвищий для всіх штамів за температурних режимів від 13 до 18 °C.

Найнижчий вихід плодових тіл за субстратом зафіксований при вирощуванні досліджених штамів *Pl. ostreatus* за температури 10-12 °C у всіх варіантах досліду.

Щодо виходу плодових тіл за субстратом II хвилі плодоносіння, слід відзначити, що він був найвищим для всіх штамів за температури культивування 15-16 °C на соняшниковому лушпинні. При вирощуванні на соломі ячменю найбільший вихід за субстратом II хвилі зафіксований за температури 15-16 °C для штаму IBK-549, 15-16 °C та 17-18 °C – для штаму IBK-551, 17-18 °C – для штаму IBK-1535.

Аналогічні результати були отримані у роботі [295] при культивуванні *Pl. ostreatus* за різних температур та вологості. Визначено, що оптимальною для росту та розвитку плодових тіл була температура 13-16 °C і вологість 80 % та вище, а за температури вище 16 °C та вологості нижче 60 % утворювалися крихкі плодові тіла блідо-сірого кольору.

7.2. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих за різних температур

Побудовані профілі запаху зразків висушених грибів, отриманих при культивуванні штамів *Pl. ostreatus* за різних температур на соняшниковому лушпинні, представлені на рисунку 7.2, а на соломі ячменю – на рисунку 7.3.

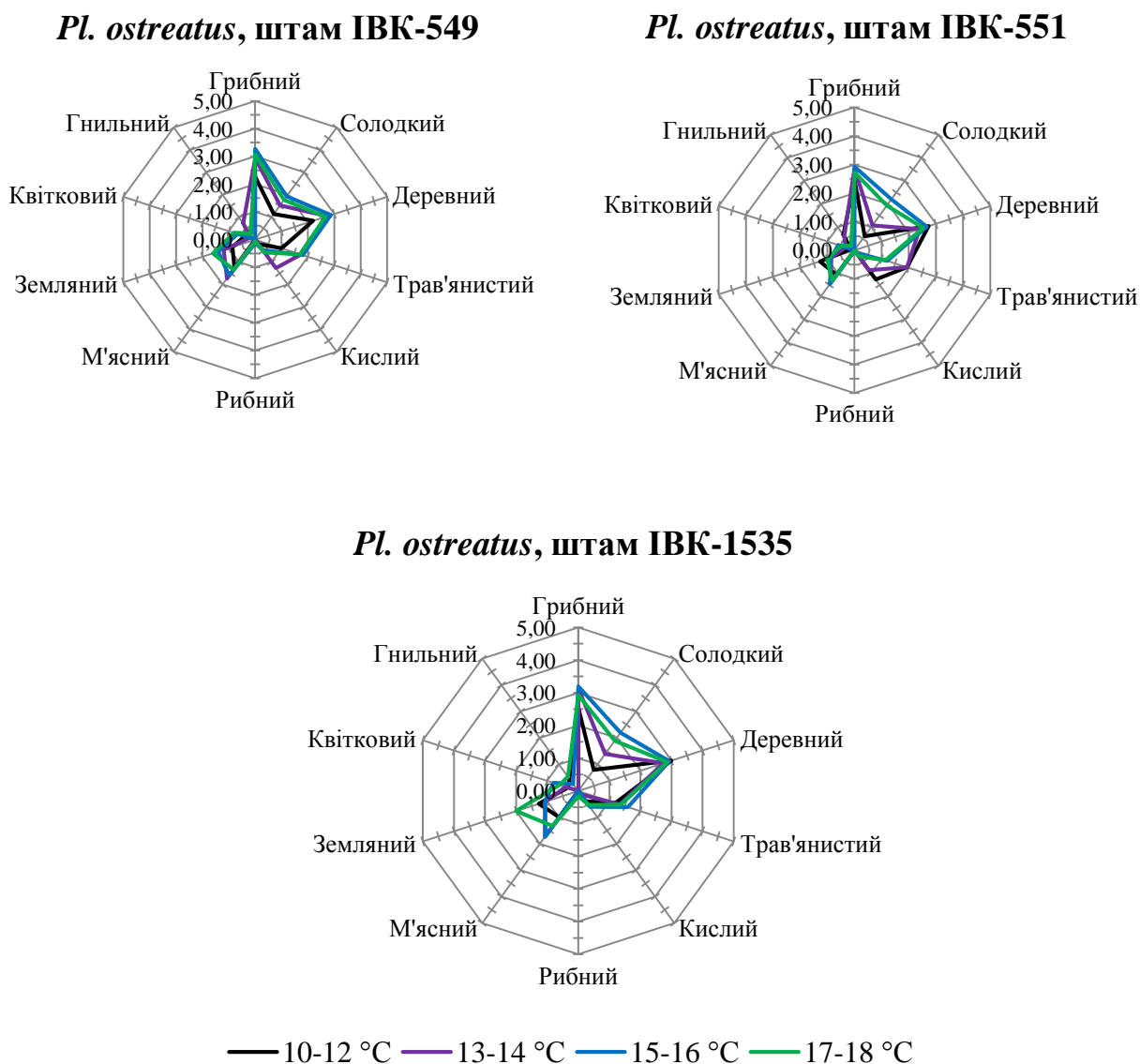


Рис. 7.2. Сенсорні профілі запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні за різних температур

З наведених рисунків видно, що характерний профіль запаху *Pl. ostreatus* суттєво не змінювався у залежності від температури культивування, але загальна інтенсивність аромату та вираженість окремих нот запаху дещо варіювала.

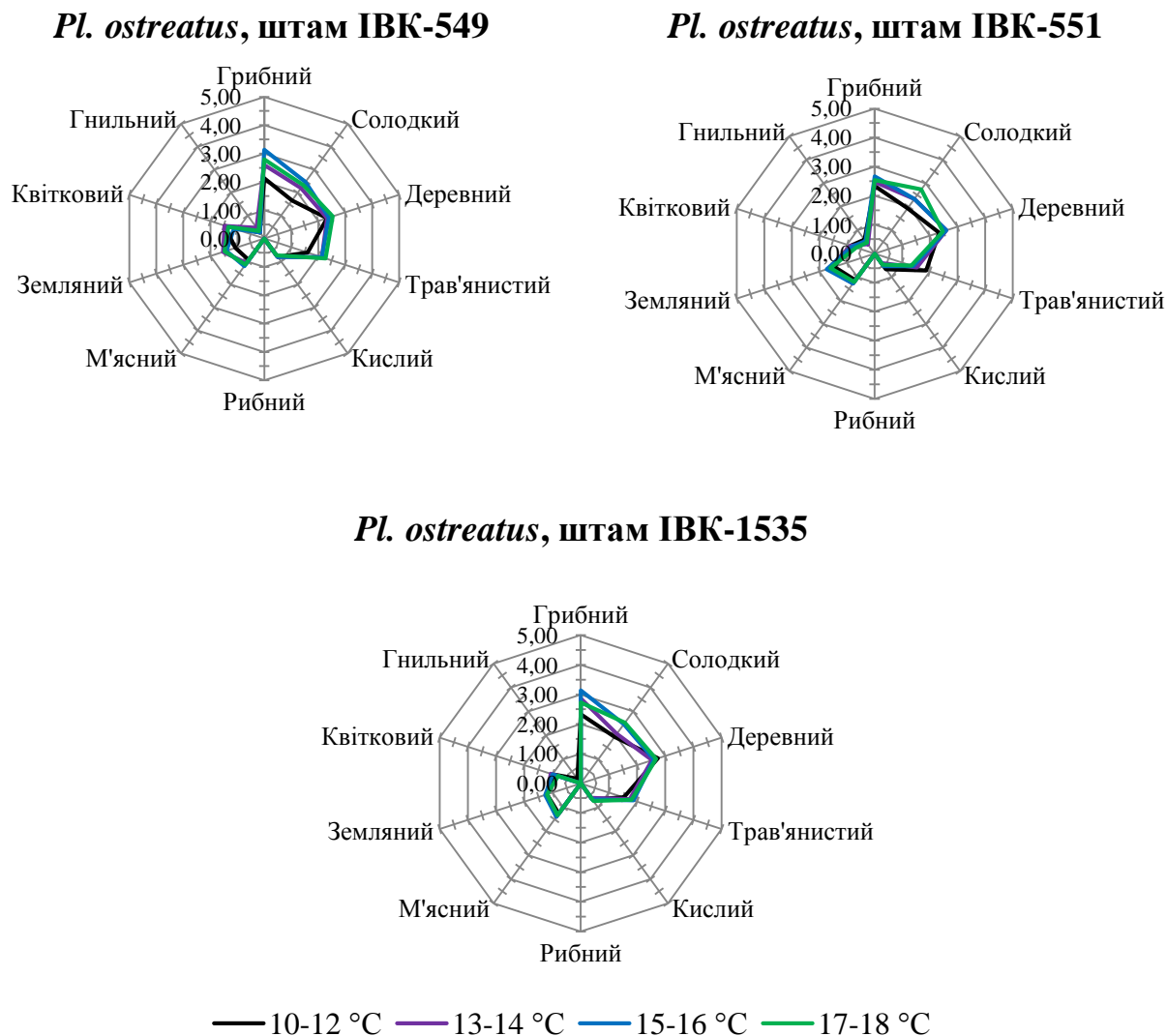


Рис. 7.3. Сенсорні профілі запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю за різних температур

Для всіх досліджуваних зразків інтенсивність грибних та деревних нот була у 1,1-1,5 раза вищою при культивуванні грибів на обох субстратах за температури 15-16 °C. Солодкі та квіткові ноти для всіх плодових тіл досліджених штамів були у 1,5-4,6 раза більш вираженими при культивуванні за температурних режимів 15-16 °C та 17-18 °C на лущинні соняшника, а на соломі

ячменю квіткова складова запаху була у 1,1-1,3 раза більш інтенсивною за температури культивування штамів *Pl. ostreatus* 10-12 °C та 13-14 °C.

М'ясні ноти запаху плодових тіл були у 1,1-1,7 раза більш вираженими при вирощуванні грибів у середньому діапазоні температур (13-16 °C).

Рибна складова запаху не відзначена у досліджуваних зразках.

Певної залежності інтенсивності кислих та гнильних нот запаху плодових тіл досліджуваних штамів від температури культивування не спостерігалось.

Таким чином, за результатами сенсорного аналізу найбільш сприятливим температурним режимом культивування для отримання плодових тіл з найвищими показниками інтенсивності аромату у досліджених штамів *Pl. ostreatus* є діапазон 13-16 °C.

Бальна оцінка інтенсивності характерних нот запаху грибів, що культивовані за різних температур, наведена у додатку В (табл. В.8 та В.9).

7.3. Спектрофотометричне дослідження екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих за різних температур

Спектри поглинання екстрактів висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю за різних температур, представлені на рисунках 7.4 та 7.5.

За результатами дослідження встановлено, що оптична густина екстрактів штамів IBK-549 та IBK-1535, культивованих на лушпинні соняшника, при 200-210 нм майже не відрізнялася у залежності від температури культивування, а для штаму IBK-551 була у 1,2 раза вищою для зразків, вирощених у середньому діапазоні досліджених температур (13-16 °C) порівняно з іншими температурами культивування. Це говорить про незначну відмінність вмісту в екстрактах ненасичених спиртів з характерним грибним запахом при культивуванні за різних температурних режимів.

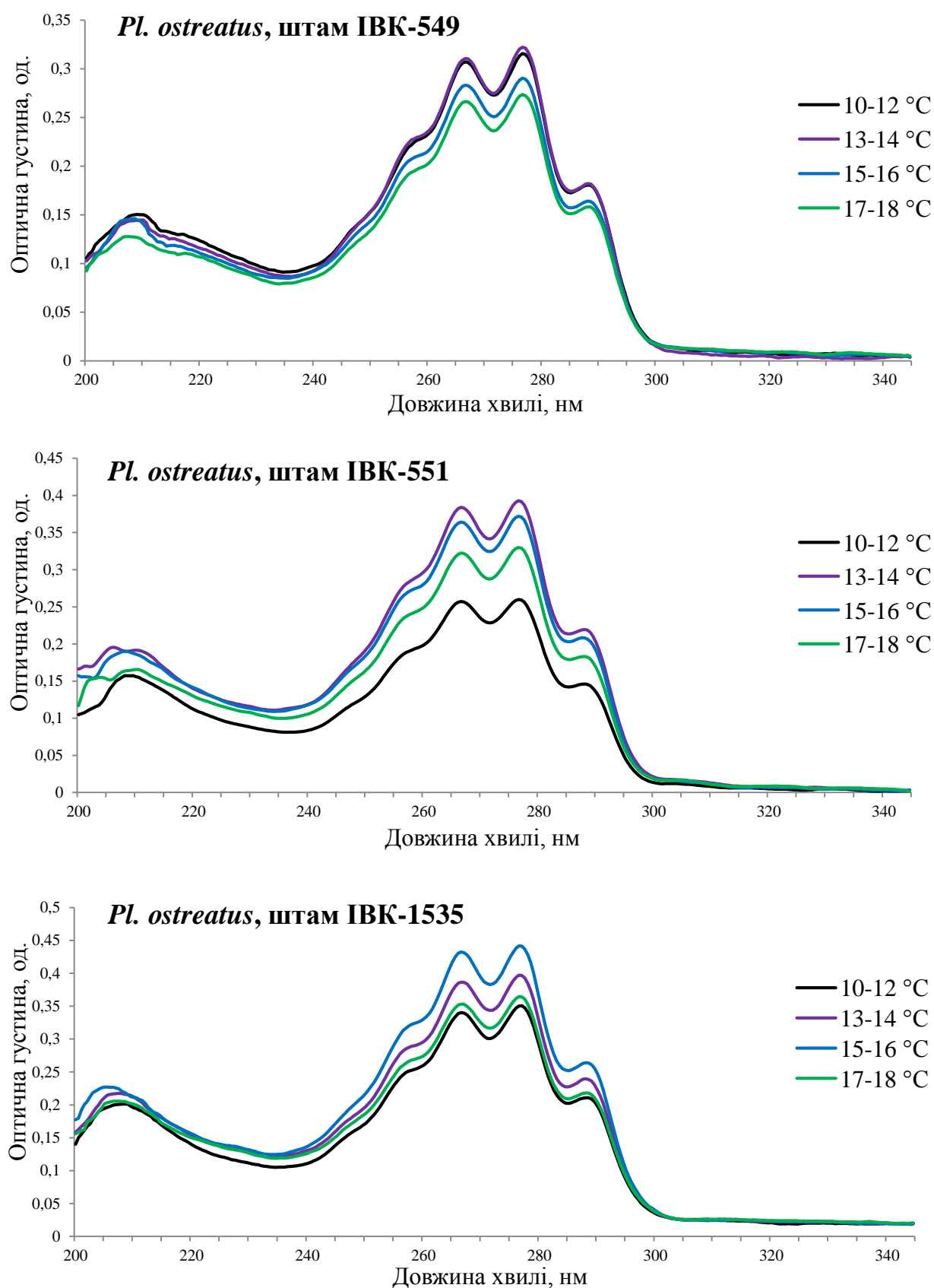


Рис. 7.4. УФ-спектри екстрактів плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лущинні за різних температур

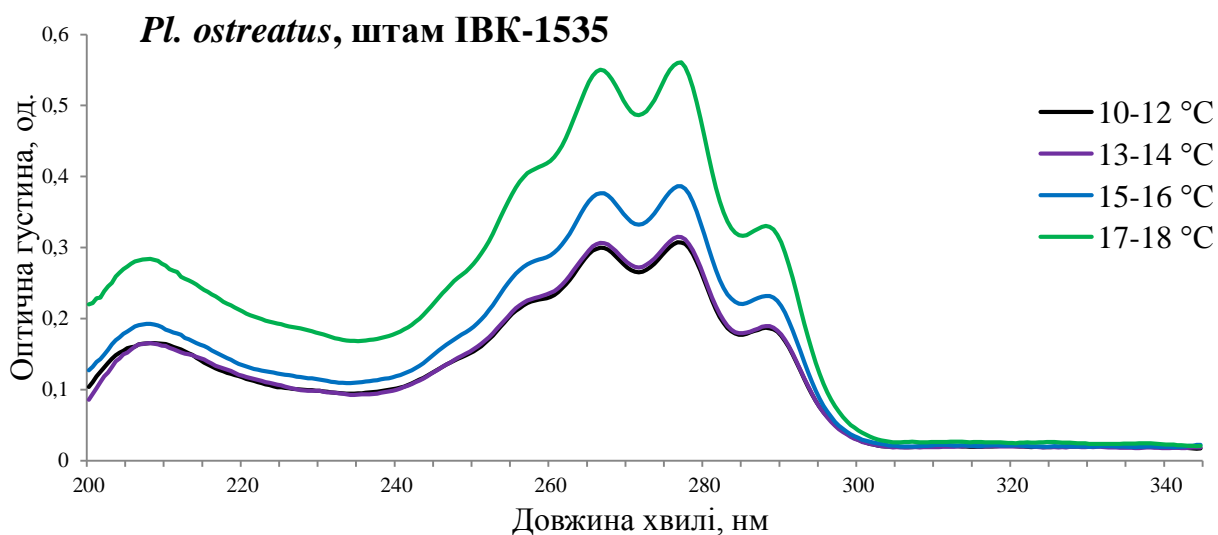
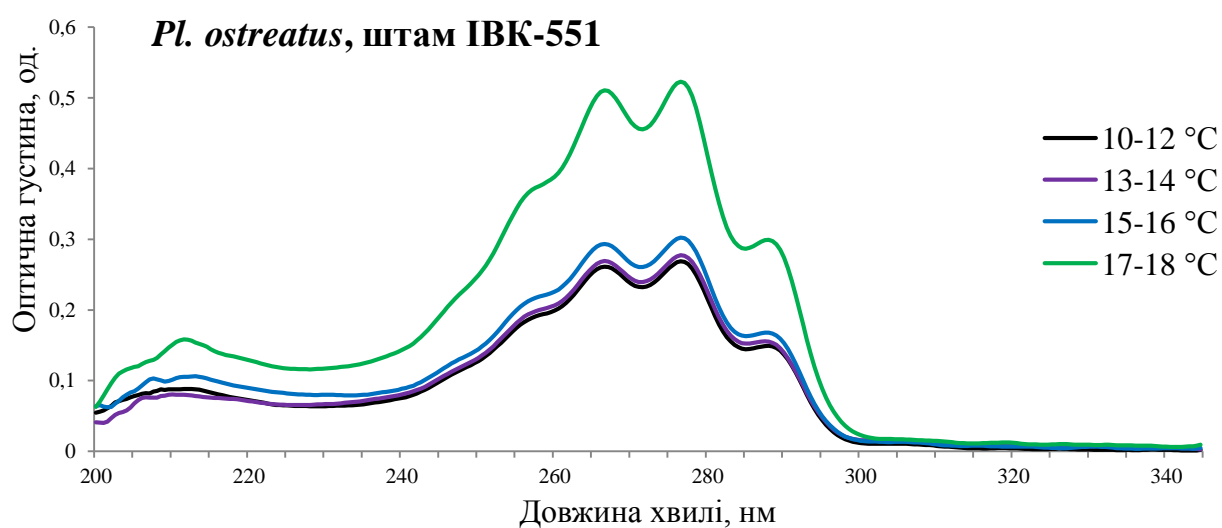
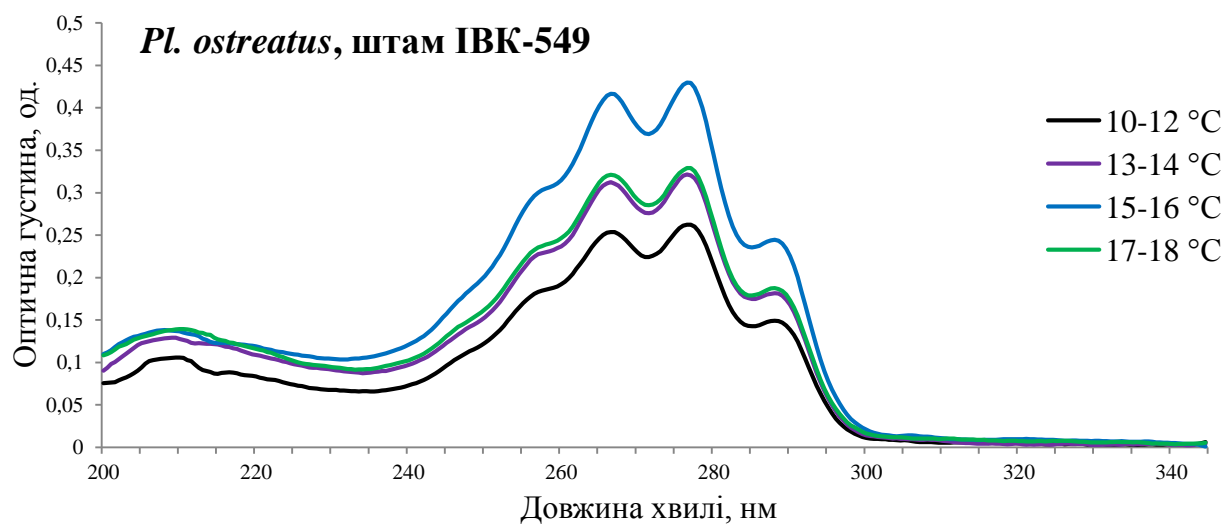


Рис. 7.5. УФ-спектри екстрактів плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю за різних температур

Вища оптична густина екстрактів *Pl. ostreatus* у діапазоні довжин хвиль 250-300 нм відмічена при культивуванні штаму IBK-549 за температури 10-14 °C (у 1,1-1,2 раза), штамів IBK-551 та IBK-1535 – за температури 13-16 °C (у 1,1-1,5 раза) на соняшниковому лушпинні, що свідчить про вищий вміст сполук з трав'янистими, квітковими, солодкими нотами запаху в екстрактах штамів *Pl. ostreatus*, культивованих за цих температурних режимів.

При вирощуванні на соломі ячменю штамів IBK-551 та IBK-1535 за температури 17-18 °C оптична густина екстрактів була у 1,5-1,9 раза вища в усьому вимірюваному діапазоні довжин хвиль. Для штаму IBK-549, культивованому на цьому субстраті, відмічена у 1,3-1,6 раза вища оптична густина гексанових екстрактів плодових тіл за температури вирощування 15-16 °C у порівнянні з більш низькими температурами.

Таким чином, при культивуванні досліджених штамів за температурного режиму 15-18 °C спостерігалася найвища інтенсивність максимумів поглинання світла екстрактів плодових тіл, що обумовлене вищим вмістом у них летких запашних сполук.

З літературних джерел відомо, що температурний фактор впливає не лише на швидкість росту та накопичення біомаси, а й на швидкість біосинтетичних процесів, які проходять у клітині, та, як наслідок, на склад синтезованих продуктів. Зокрема, при зниженні температури культивування підвищується ступінь ненасиченості ліпідів, проте знижується інтенсивність синтезу сполук ліпідної природи [288], які є попередниками синтезу летких запашних речовин грибів. Цей факт підтверджується отриманими нами результатами, які свідчать про вищу інтенсивність аромату досліджених штамів *Pl. ostreatus* при культивуванні за більш високих температур (15-18 °C), ніж при більш низьких (10-14 °C).

7.4. Культурально-морфологічні характеристики росту штамів *Pl. ostreatus* на різних етапах плодоношення

Зразки плодових тіл *Pl. ostreatus* різних штамів, отримані у першу, другу та третю хвилі плодоношення, наведені на рисунку 7.6.

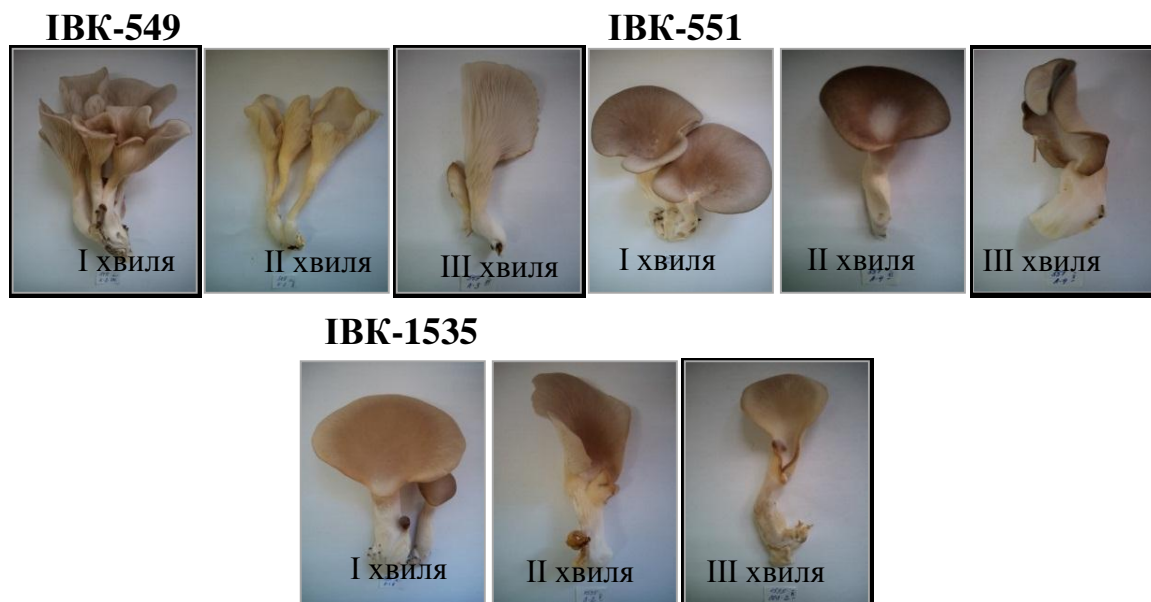


Рис. 7.6. Зразки плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* різних етапів плодоношення

Проведене дослідження показало, що плодові тіла II та III хвиль плодоношення нерідко мали певні морфологічні відхилення від стандартних параметрів, характерних карпофорам I хвилі. У їх будові для досліджених штамів *Pl. ostreatus* відмічалась більш видовжена ніжка меншого діаметру, шапинка значно менших розмірів, часто з нерівним та відігнутим краєм. Кількість розвинених карпофорів у зростку для II та III хвиль рідко сягала більше одного.

Терміни формування та вихід плодових тіл за субстратом штамів *Pl. ostreatus* на різних етапах плодоношення представлені у таблиці 7.2.

Як видно з приведених у таблиці 7.2 даних, інтервал між хвилями плодоношення штаму IBK-549 складав 10 діб, штамів IBK-551 та IBK-1535 – 18-19 діб.

Вихід плодових тіл за субстратом з кожною наступною хвилею різко знижувався. Для I хвилі плодоношення він склав 66,3-67,6 %, II хвилі – 20,3-20,6

%, III хвилі – 12,1-13,1 % від загального виходу плодових тіл у залежності від дослідженого штаму *Pl. ostreatus*.

Таблиця 7.2. Параметри росту штамів *Pl. ostreatus* на різних етапах плодоношення

Штам гриба	I хвиля плодоношення, доба	Вихід за субстратом I хвилі плодоношення, г/100 г	II хвиля плодоношення, доба	Вихід за субстратом II хвилі плодоношення, г/100 г	III хвиля плодоношення, доба	Вихід за субстратом III хвилі плодоношення, г/100 г
ІВК-549	15-18	14,6±0,5	25-27	4,5±0,5	35-41	2,9±0,1
ІВК-551	18-21	14,0±1,2	36-40	4,2±0,3	55-62	2,5±0,2
ІВК-1535	18-20	11,6±0,7	36-46	3,6±0,1	55-68	2,3±0,3

Подібні результати були отримані іншими авторами при культивуванні штамів *Pl. ostreatus* [296-298]. На думку дослідників, це, у першу чергу, пов'язано зі збіднінням субстрату на основні поживні речовини, зниженням його вологості, та, відповідно, низькою засвоюваністю.

7.5. Сенсорний профільний аналіз запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на різних етапах плодоношення

Побудовані профілі запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на різних етапах плодоношення, представлені на рисунку 7.7.

Згідно результатів проведеного дослідження встановлено, що профіль запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* суттєво не відрізнявся на різних етапах плодоношення грибів. Спостерігалось незначне зниження запашних властивостей грибів з кожною наступною хвилею, що ймовірно пояснюється зниженням процесів біосинтезу запашних речовин, обумовлене вичерпанням необхідних попередників синтезу та поживних речовин субстратів.

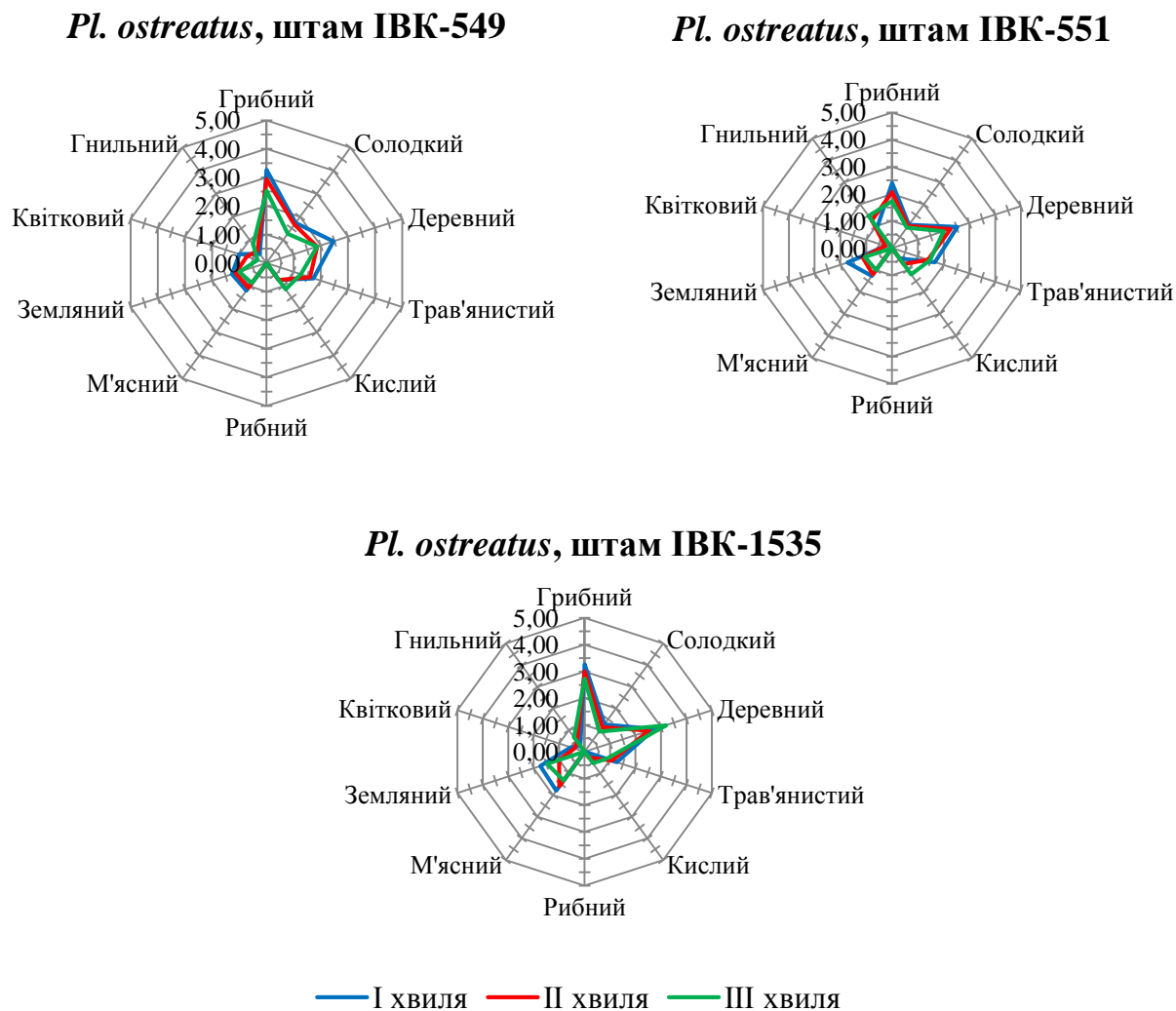


Рис. 7.7. Сенсорні профілі запаху зразків висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* різних хвиль плодоношення

Зокрема, інтенсивність грибної, деревної, трав'янистої, м'ясної, земляної, солодкої та квіткової складових запаху висушених плодових тіл з I до III хвилі плодоношення знизилась у середньому від 1,2 до 1,7 раза для всіх досліджених штамів *Pl. ostreatus*.

Слід зазначити також, що з кожною наступною хвилею плодоношення інтенсивність кислих та гнильних нот запаху підвищувалася у 1,2-1,6 раза у досліджених зразків плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*.

Результати бальної оцінки інтенсивності аромату для кожної характерної ноти запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* різних етапів плодоношення представлені у додатку В (табл. В.10).

7.6. Спектрофотометричне дослідження екстрактів плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* різних хвиль плодоношення

Спектри поглинання екстрактів висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, отриманих на різних етапах плодоношення, представлені на рисунку 7.8.

Оптична густина екстрактів зразків різних хвиль плодоношення штаму ІВК-549 суттєво не відрізнялася в усьому діапазоні вимірюваних довжин хвиль. Для штаму ІВК-1535 спостерігалася у 1,7-2,5 раза вища оптична густина у діапазоні 250-300 нм екстрактів плодових тіл І хвилі плодоношення. Інтенсивність максимумів поглинання світла екстрактів штаму ІВК-551 І хвилі плодоношення була у 1,1-1,3 раза вищою порівняно зі зразками ІІ та ІІІ хвиль.

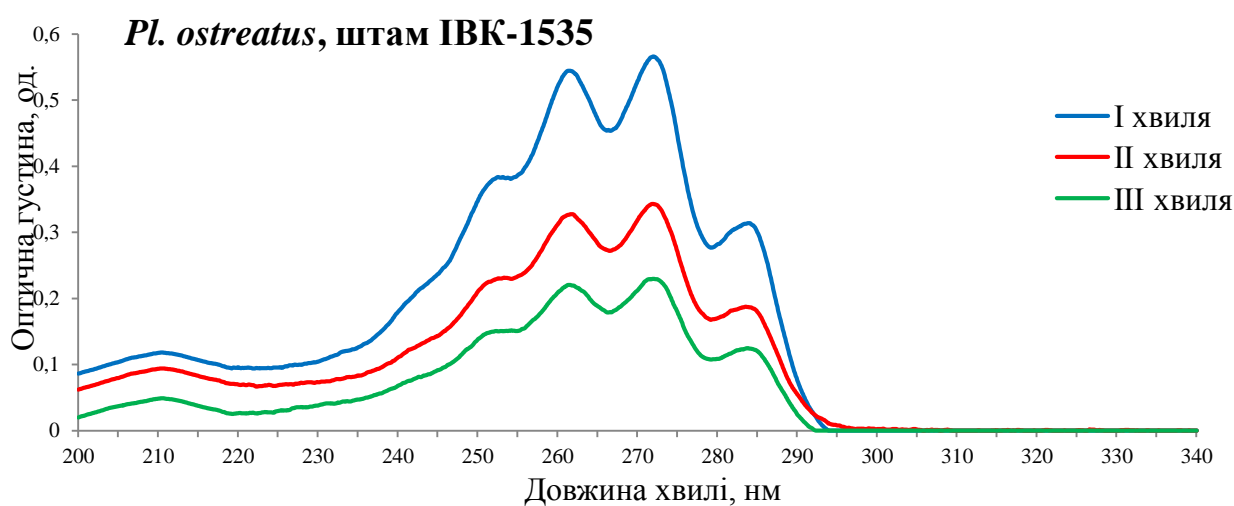
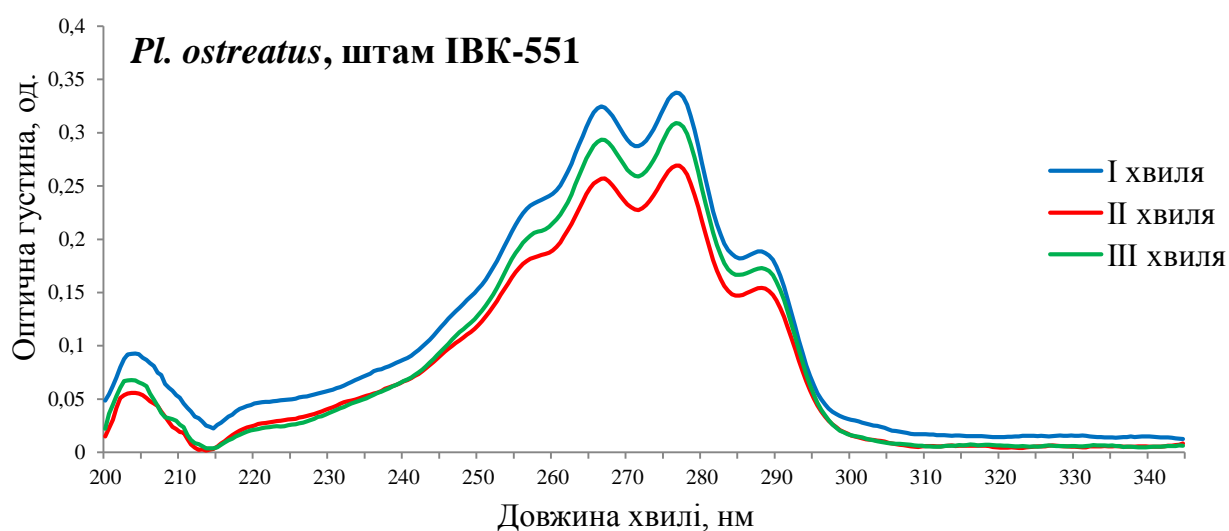
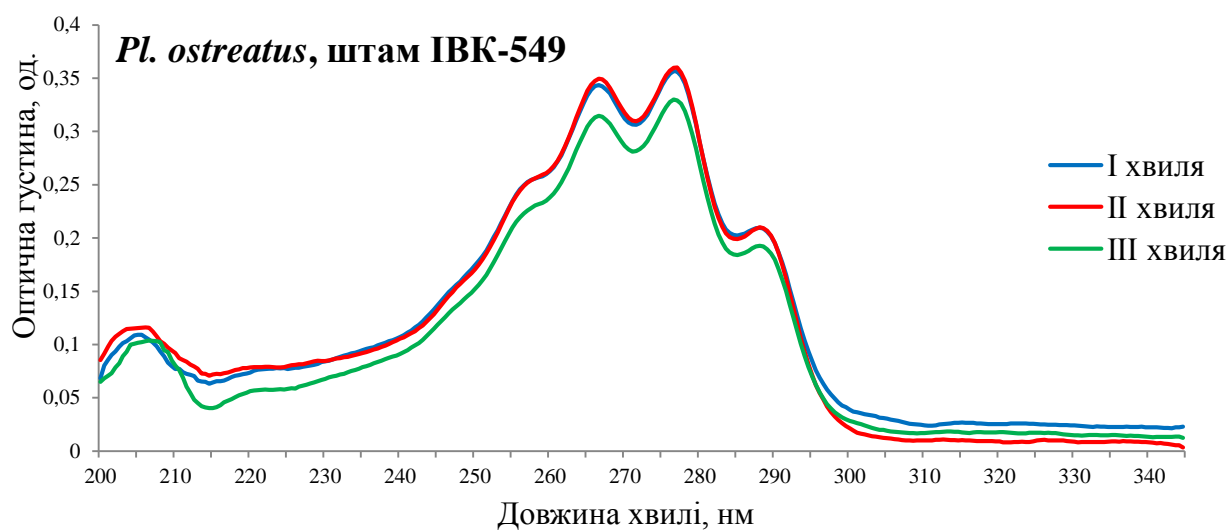


Рис. 7.8. УФ-спектри екстрактів плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* різних хвиль плодоносіння

Висновки до розділу 7:

1. Як показали результати дослідження, за більш низьких температур культивування (10-12 °C) відмічено збільшення кількості грибних зростків на 28,3-175,9 % для досліджених штамів *Pl. ostreatus* порівняно з більш високими температурами. За температурних режимів 13-14 °C та 15-16 °C зафіксовано скорочення термінів утворення примордіїв та плодових тіл у середньому на 2-4 доби у порівнянні з іншими температурами культивування (10-12 °C та 17-18 °C). При культивуванні за температур 15-16 °C та 17-18 °C на соняшниковому лушпинні підвищувався вихід плодових тіл за субстратом для усіх досліджених штамів на 11,5-153,4 %; на соломі ячменю (штам IBK-549) – на 8,3-50,0 % у порівнянні з цим показником при більш низьких температурах культивування (10-14 °C).

2. За результатами сенсорного профільного аналізу запаху висушених плодових тіл штамів *Pl. ostreatus*, культивованих за температури 15-16 °C інтенсивність грибних та деревних нот запаху була вища у 1,1-1,5 раза, солодких та квіткових – у 1,5-4,6 раза, м'ясних – у 1,1-1,7 раза у порівнянні з більш низькими температурами.

3. Спектрофотометричне дослідження показало, що оптична густина екстрактів в усьому вимірюваному діапазоні довжин хвиль була вищою у 1,5-1,9 раза для штамів IBK-551 та IBK-1535 при вирощуванні на соломі ячменю за температури 17-18 °C, а для штаму IBK-549 – у 1,3-1,6 раза за температури 15-16 °C порівняно з більш низькими температурами.

4. Для екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, що були культивовані на лушпинні соняшника, при 200-210 нм лише для штаму IBK-551 оптична густина була у 1,2 раза вищою для зразків, вирощених у середньому діапазоні досліджених температур (13-16 °C). Це свідчить про незначну залежність вмісту у плодових тілах ненасичених спиртів з характерним грибним ароматом при культивуванні на лушпинні соняшника від температурного режиму. У діапазоні 250-300 нм відмічена вища у 1,1-1,5 раза оптична густина екстрактів при вирощуванні штаму IBK-549 за температури 10-14 °C, штамів IBK-551 та IBK-1535 – за

температури 13-16 °С, тобто підвищувався вміст у плодових тілах сполук з трав'янистими, квітковими, солодкими атрибутами запаху.

5. При дослідженні культурально-морфологічних властивостей плодових тіл штамів *Pl. ostreatus* на різних етапах плодоношення визначено, що вихід плодових тіл за субстратом з кожною наступною хвилею істотно знижувався, а у морфологічній будові карпофорів II та III хвиль плодоношення спостерігали відхилення від норми стандарту.

6. Сенсорним аналізом встановлено незначне зниження грибної, деревної, трав'янистої, м'ясної, земляної, солодкої та квіткової складових запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* у середньому від 1,2 до 1,7 раза з кожною наступною хвилею плодоношення. Відмічено підвищення у 1,2-1,6 раза інтенсивності кислих та гнильних нот запаху досліджених зразків.

7. За допомогою спектрофотометричного методу аналізу було показано, що для штаму IBK-551 оптична густина екстрактів плодових тіл I хвилі плодоношення була вищою у 1,1-1,3 раза порівняно зі зразками II та III хвиль. Для штаму IBK-1535 також спостерігалася у 1,7-2,5 раза вища оптична густина у діапазоні 250-300 нм екстрактів плодових тіл I хвилі плодоношення, що свідчить про більший вміст у грибах I хвилі плодоношення альдегідів та кетонів з трав'янистими, квітковими, солодкими запахами. Але для штаму IBK-549 ці зміни не були достовірно визначеними.

Публікації за результатами досліджень, представлених у розділі 7:

Власенко К. М., Кузнецова О. В. Вплив температури культивування на синтез ароматутворюючих сполук та культурально-морфологічні ознаки розвитку *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. «Хімія та сучасні технології»: матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 24-26 квітня 2019. Дніпро: ДВНЗ «УДХТУ», 2019. Т. 2. С. 114-115.

РОЗДІЛ 8

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПЛОДОВИХ ТІЛ *PL. OSTREATUS* З РІЗНОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ АРОМАТУ У ПРОЦЕСІ ТВЕРДОФАЗНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ

Глива є популярним об'єктом світового грибівництва, культивується більш ніж в 70 країнах світу, є економічно вигідним, високоврожайним та технологічним їстівним грибом [90]. Вирощувати його почали у Німеччині під час Першої світової війни, а після запровадження промислового культивування гриба – в Угорщині, у другій половині минулого сторіччя, почалося поширення його на планеті як сільськогосподарського продукту [89].

Культивування гливи – безвідходне виробництво. Це приклад екологічної технології, яка забезпечує ефективну утилізацію субстратів, що є відходами інших виробництв. Більшість рослинних залишків можуть бути перероблені грибами у якісні продукти харчування.

Існує декілька способів культивування гливи [94]. При екстенсивному вирощуванні (в умовах, наближених до природних) як субстрат використовують одрубки листяних порід дерев, відходи деревини або соломі. Цей спосіб є простим, адже не потребує складного обладнання. Однак, незважаючи на свою простоту, широкомасштабне вирощування у такий спосіб використовується не часто через довготривалий період інкубації, низьку врожайність та залежність від умов довкілля, якщо вирощування проводиться на відкритому повітрі [96].

Промислове культивування *Pl. ostreatus* найчастіше здійснюють інтенсивним способом на відходах деревопереробної промисловості – тирсі, стружці, папері, а також на відходах сільського господарства – соломі злаків, соняшниковому лушпинні, стеблах та обмолочених початках кукурудзи, на відходах цукрової тростини, кави, на очереті та інших матеріалах, що містять целюлозу [89]. Субстрат після плодоношення грибів може використовуватися для корму свійським тваринам або як добриво [94].

У різних країнах світу використовують велику кількість різних технологічних схем культивування грибів *Pl. ostreatus*. Способи культивування та технологічні рішення постійно удосконалюються, що не дозволяє у довгостроковій перспективі вважати будь-яку з технологічних схем найкращою. Нами запропоновано використання багатокамерної однозональної технології з ферментаційною підготовкою субстрату.

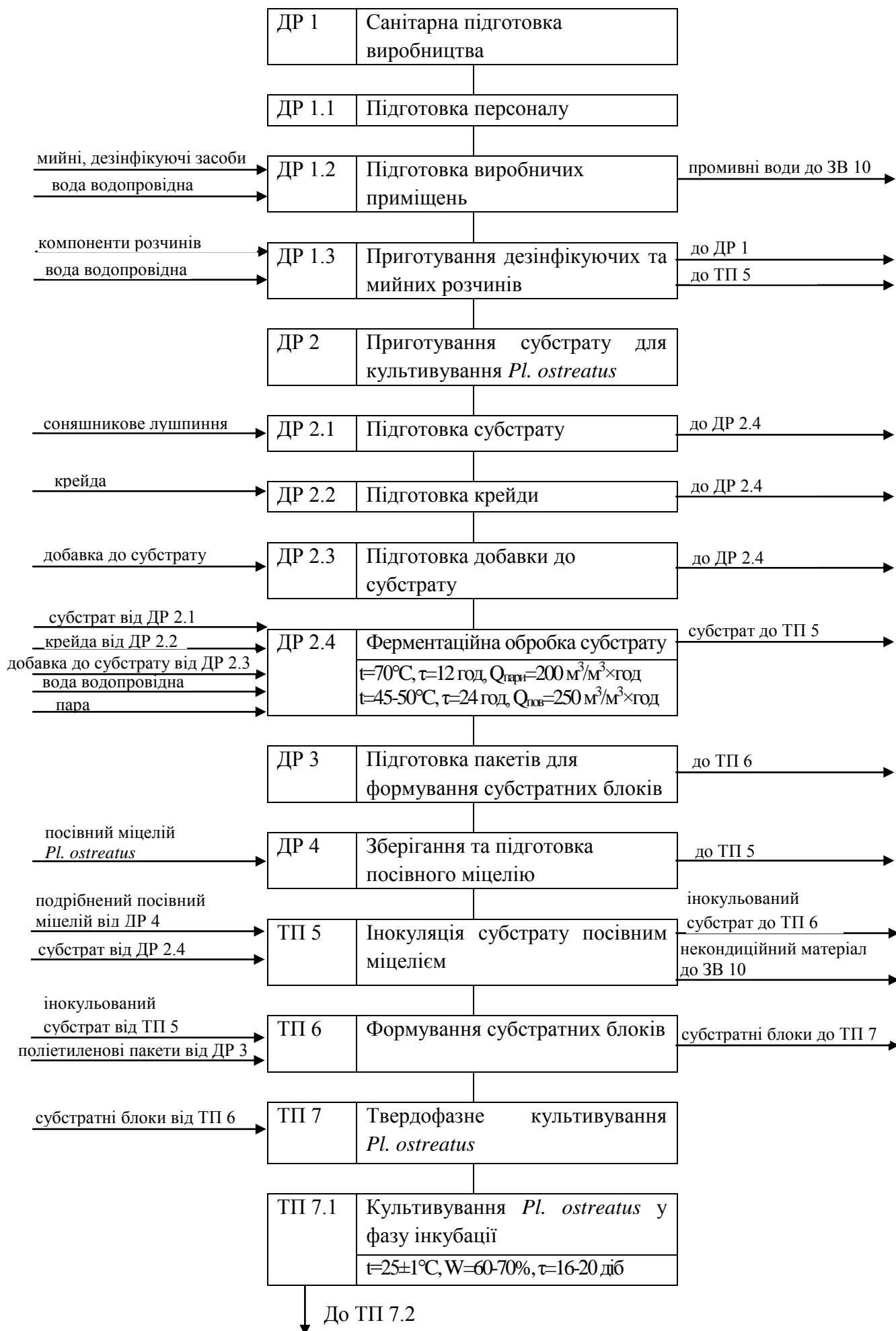
Технологічний процес твердофазного культивування *Pl. ostreatus* складається із допоміжних робіт і стадій основного технологічного процесу. До стадій допоміжних робіт (ДР) належать: санітарна підготовка виробництва, що включає підготовку персоналу, приміщень, обладнання, приготування мийних і дезінфікуючих розчинів; приготування субстрату та його термічна обробка, підготовка пакетів для формування субстратних блоків; зберігання та підготовка посівного міцелію.

Стадії допоміжних робіт, а також стадії пакування, маркування, відвантаження готової продукції (ПМВ), знешкодження відходів, вентиляційних та технологічних викидів (ЗВ) є стандартними для біотехнологічних виробництв.

До основного технологічного процесу (ТП) відносяться: інокуляція субстрату посівним міцелієм, формування субстратних блоків, інкубація та плодоносіння, збір та зберігання грибів.

Опис стадій проводили за загальноприйнятими методиками організації біотехнологічного процесу культивування макроміцетів за [94, 297, 299, 300] з оптимізацією шляхом додавання стадії внесення добавок до субстрату для покращення ароматичних властивостей плодових тіл.

Розроблена нами технологічна схема біотехнологічного процесу виробництва плодових тіл *Pl. ostreatus* методом твердофазного культивування на соняшниковому лушпинні з добавками представлена на рисунку 8.1, апаратурна схема – на рисунку 8.2.



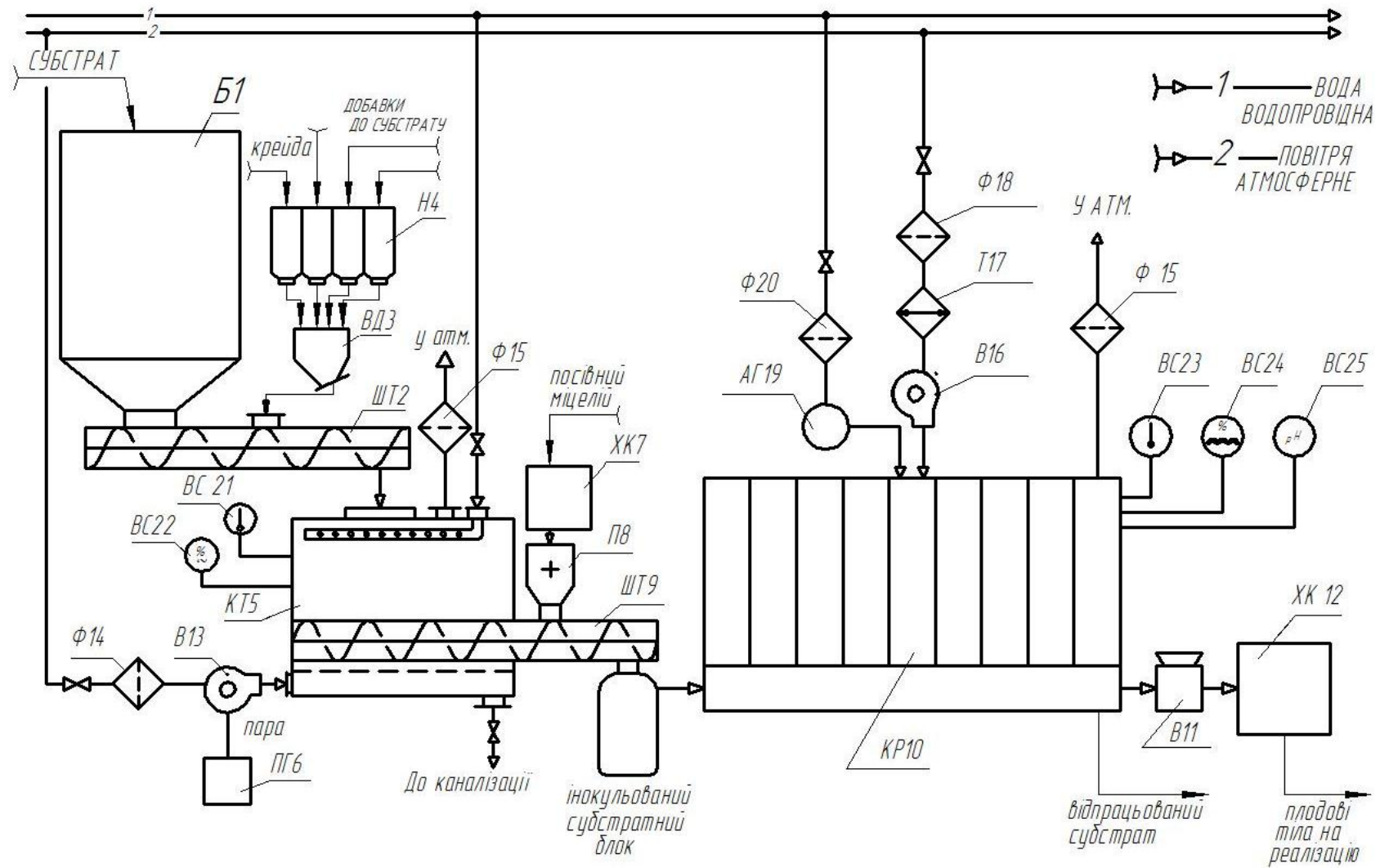


Рисунок 8.2. Апаратурно-технологічна схема біотехнологічного процесу виробництва плодових тіл *Pl. ostreatus* методом твердофазного культивування на соняшниковому лущинні з добавками

Працівники у процесі виробництва використовують спецодяг та спецвзуття, засоби індивідуального захисту (халати, гумові рукавички, респіратори). Без спецодягу, а також у забрудненому чи пошкодженому спецодязі працівники до роботи не допускаються. Забороняється у виробничі приміщення вносити верхній одяг, а також продукти харчування та інші сторонні предмети.

ДР 1.2. Підготовка виробничих приміщень

Підготовка виробничих приміщень включає комплекс заходів, що складаються з вологого прибирання і дезінфекції поверхонь приміщень та обладнання.

Підготовка ростових камер. Всі дезінфекційні заходи у ростових камерах проводяться тільки між оборотами культури після звільнення камер від субстрату. Багатокамерна технологія дозволяє проводити всі необхідні санітарні заходи. Після звільнення камери проводять її очистку та дезінфекцію 1 %-м розчином хлорного вапна (обприскування), закривають камеру на 12-24 години, потім провітрюють.

Періодично раз на 6 місяців оновлюють побілку приміщення, додаючи до неї мідний купорос (1-2 %).

Підготовка приміщення для інокуляції. Для зниження обнасіненості повітря та поверхонь приміщення перед кожною інокуляцією проводять вологе прибирання, обробку поверхонь (столів, підлоги, обладнання) із застосуванням мийних та дезінфікуючих засобів. Проводять знезараження інокуляційного приміщення бактерицидними лампами упродовж 2-3 годин.

Частини обладнання для подрібнення посівного міцелію та формування субстратних блоків, що безпосередньо контактують з підготовленим для інокуляції субстратом та посівним міцелієм, ретельно миють мийними розчинами з дезінфікуючими засобами. Дезінфікуючі розчини періодично чергують для попередження появи стійких форм мікроорганізмів.

Після миття та дезінфекції поверхні обладнання ополіскують кілька разів очищеною водою з обов'язковим контролем якості відмивки.

ДР 1.3. Приготування дезінфікуючих та мийних розчинів

Приготування дезінфікуючих та мийних розчинів здійснюється згідно рекомендацій виробника з дотриманням правил техніки безпеки. Дезінфікуючі розчини після приготування повинні зберігатися обмежений час у спеціальних попередньо вимитих ємностях. Забороняється доливати свіжоприготовлений розчин в частково порожні ємності.

Для приготування концентрованого освітленого 10 %-го розчину хлорного вапна необхідно до 1 кг сухого хлорного вапна поступово додати 9 л води та ретельно розмішати дерев'яною лопаткою. Ємність закрити і залишити в темному місці на 1 добу. Протягом перших годин розчин кілька разів перемішати дерев'яною лопаткою. Злити освітлений розчин в іншу ємність через кілька шарів марлі (осад не використовувати). Освітлений розчин розлити в ємності з темного скла, закрити пробками та обов'язково наклеїти етикетки із зазначенням назви розчину, його концентрації, дати приготування. Зберігати розчин у темному прохолодному місці, використовувати протягом 5-7 діб. Для приготування робочих розчинів концентрований 10 %-й розчин хлорного вапна безпосередньо перед застосуванням розбавляють відповідною кількістю води. Хлорвмісні розчинами слід готувати у добре провітрюваних приміщеннях, обов'язково надягати маску-респіратор, гумові рукавички, фартух.

ДР 2. Приготування субстрату для культивування *Pl. ostreatus*

ДР 2.1. Підготовка субстрату

Субстрат після надходження на підприємство складують в окремому приміщенні у бункерах Б1. Субстрат має бути високої якості, сухим, адже навіть при незначному зволоженні починається його розігрівання та розмноження конкурентної мікрофлори.

Соняшникове лушпиння не вимагає попередньої підготовки перед термообробкою. Солому ячменю подрібнюють у соломорізці до часток розміром 0,5-5,0 см. Для цього можуть застосовуватися різні типи соломорізок, подрібнювачів грубих кормів, рослинних матеріалів, кормозаготівельні

комбайни. Соломорізка може розміщуватися ззовні приміщення для зберігання субстратів, під навісом.

При подрібненні соломи утворюється дрібна фракція пилу, яка забруднює навколишній простір. Тому для запобігання поширенню пилу приміщення, де знаходиться соломорізка, необхідно обладнати відсмоктуючим витяжним вентилятором. Персонал, який працює у приміщенні подрібнення соломи, має одягати захисні маски (респіратори) для запобігання потрапляння пилу в органи дихання.

Підготовлений субстрат подається по шнековому транспортеру-дозатору ШТ 2 у камеру термічної обробки КТ 5.

ДР 2.2. Підготовка крейди

Крейду до субстрату додають для підтримання його рН на слаболужному рівні 7,0-7,5 та покращення структури субстрату.

За необхідності крейду підсушують та подрібнюють, відважують за допомогою вагового дозатору ВД 3 та додають до субстрату у кількості 1 % від маси субстрату під час його переміщення по шнековому транспортеру у камеру термічної обробки.

ДР 2.3. Підготовка добавок до субстратів

Добавки до субстратів поміщають у наддозаторні ємності Н 4, відважують визначені кількості добавок у ваговому дозаторі ВД 3 та додають до субстрату під час його переміщення по шнековому транспортеру у камеру термічної обробки.

ДР 2.4. Аеробна ферментаційна обробка субстрату

Аеробна ферментація з попередньою пастеризацією вважається найбільш якісною обробкою субстрату.

Камера (тунель) для термічної обробки КТ 5 – видовжене термоізоване приміщення або бокс шириною 2-4 м, забезпечене паронепроникним покриттям

стелі та стін. У камері на висоті 50-60 см від полу встановлюється решітка, на яку по шнековому транспортеру подається субстрат. Верхня і нижня частини камери приєднані до повітропроводу, через який, за допомогою вентилятора В 13 та через бактеріальний фільтр Ф 14 подається очищене повітря. Водяна пара утворюється за допомогою парогенератору ПГ 6 та подається у камеру термічної обробки за допомогою вентилятора В 13. Потужність вентилятора має забезпечувати перекачування не менше 200 м³ повітря на 1 м³ субстрату за годину. Надлишок повітря виводиться через клапан у верхній частині камери. Через систему трубопроводів у верхній частині перед початком пастеризації у камеру подається вода для доведення субстрату до вологості 60-70 %. Для більшої ефективності процесу термічної обробки у камері встановлюється система вимірювання температури ВС 21 та вологості субстрату ВС 22.

Пастеризація проводиться при 70-80 °С протягом 12 годин. Аеробна ферментація здійснюється при 45-55 °С протягом 20-24 години.

За тривалої аеробної ферментації розвиваються термофільні бактерії, які споживають легкозасвоювані речовини субстрату, створюючи селективний субстрат для грибів *Pl. ostreatus*. На такому субстраті не можуть розвиватися нетермотолерантні мікроорганізми та майже не розвиваються конкурентні для *Pl. ostreatus* цвілеві гриби. Аеробна ферментація може здійснюватися у тунелях для пастеризації або в спеціальних камерах для ферментації в аеробному середовищі. У такій камері через шар субстрату під тиском пропускається суміш пару та повітря. Ферментація не потребує застосування хімічних речовин для знезараження субстрату та води, вона менш енергозатратна, ніж гідротермічна та ксеротермічна обробка.

ДР 3. Підготовка пакетів для формування субстратних блоків

Для формування субстратних блоків використовують готові поліетиленові або поліпропіленові пакети розміром (20-30)×(80-100) см, з товщиною плівки 40-80 мкм. Можливе використання поліетиленового рукава шириною 40 см, який нарізають на заготовки довжиною 120 см та заклеюють термічно з одного боку

або зав'язують шпагатом. Після набивки пакет набуває форму циліндра діаметром 25 см та висотою 80 см. Для запобігання надмірному розігріву субстрату рекомендується формувати блоки з одним з лінійних розмірів не більше 30 см та щільністю субстрату у пакетах – 0,35-0,55 кг/дм³.

Перед фасуванням пакети перфорують металевим пробійником. Отвори діаметром 10-25 мм наносять на відстані 20-25 см. При такому перфоруванні площа відкритої поверхні субстрату складає 2,5-3,0 % від загальної поверхні пакета. Для видалення надмірної вологи з субстрату у нижній частині пакету роблять невеликі дренажні отвори діаметром 8-12 мм.

ДР 4. Зберігання та підготовка посівного міцелію

Посівний міцелій зберігають у холодильній камері ХК 7 при температурі 2-4 °С. Тривалість зберігання – до 3-х місяців. Безпосередньо перед інокуляцією міцелій подрібнюють у подрібнювачі П 8 або вручну до окремих зерен. Цю операцію здійснюють у стерильній зоні, обов'язкове використання рукавичок, оброблених дезінфікуючим розчином.

ТП 5. Інокуляція субстрату посівним міцелієм

Інокуляцію здійснюють у стерильній зоні, бажано в окремому приміщенні, розташованому поряд з камерою термообробки субстрату. Міцелій вносять у субстрат у кількості 3-5 % від маси субстрату, рівномірно розподіляють по субстрату під час його вивантаження з камери термічної обробки за допомогою шнекового транспортеру ШТ 9. Отриманий інокульований субстрат фасують у підготовлені пакети.

ТП 6. Формування субстратних блоків

Субстрат рівномірно ущільнюють у пакетах на виході зі шнекового транспортера ШТ 9. Оптимальна щільність субстрату 0,35-0,45 кг/дм³. Маса субстратних блоків має бути однаковою. Пакети міцно зав'язують зверху

шпагатом. Підготовлені субстратні блоки на транспортних візках перевозять до камер інкубації.

ТП 7. Твердофазне культивування *Pl. ostreatus*

При однозональній технології вирощування *Pl. ostreatus* інкубація та плодоношення здійснюються в одному приміщенні (КР 10), в якому є можливість змінювати режим культивування.

Зручним є культивування *Pl. ostreatus* у приміщенні, яке розділено на 9 однакових ростових камер. Технологічний коридор розміщується з однієї сторони приміщення. Камери завантажують субстратними блоками по одній за тиждень, що забезпечує рівномірний вихід врожаю та роботу виробництва за безперервним циклом. Така багатокамерна система дозволяє після кожного циклу вирощування *Pl. ostreatus* очистити та добре продезінфікувати камеру. Таким чином весь цикл розвитку культури здійснюється в одній камері, а умови мікроклімату змінюються у залежності від певної фази росту.

Існують різні варіанти розміщення субстратних блоків у ростовій камері. Їх укладають горизонтально на стелажі або підвішують вертикально на спеціальні кріплення у декілька ярусів. Для догляду за культурою залишають технологічні проходи.

Система вентиляції та зволоження повітря

У кожній ростовій камері встановлюють припливний вентилятор В 16. Швидкість руху повітря у камері в зоні росту грибів має бути 0,05-0,2 м/с. Перед вентилятором встановлюється теплообмінник Т 17 для підігріву повітря до необхідної температури та бактеріальний фільтр Ф 18. У камерах встановлюється витяжний вентилятор невеликої потужності. Система зволоження повітря складається з аерозольного генератора АГ 19, який встановлюється в потік повітря недалеко від вентилятора. Режим роботи генератора регулюють за допомогою реле часу. В камерах росту обов'язковою є система вимірювання температури ВС 23 та вологості повітря ВС 24.

Система освітлення

У ростових камерах рівномірно по площі встановлюють люмінесцентні освітлювачі з інтенсивністю освітлення 5 Вт/м². Фотоперіод складає 8-12 годин.

ТП 7.1. Культивування *Pl. ostreatus* у фазу інкубації

У фазі інкубації субстрату міцелієм вентиляція свіжим повітрям не здійснюється. Вентилятор працює у режимі рециркуляції повітря, за необхідності здійснюється підігрів повітря камери до 24 °С. Необхідно щоденно контролювати температуру субстрату та повітря в камері. Температуру субстрату вимірюють термометром, занурюючи його у субстратний блок до середини. Вимірювання температури субстрату слід здійснювати у декількох блоках, розміщених у різних місцях камери у верхньому та нижньому ярусах. При достатній рециркуляції повітря результати замірів температури не мають сильно відрізнятися. У випадку підвищення температури субстрату понад 35 °С, температуру повітря необхідно знизити, зменшивши нагрів повітря рециркуляції. Також здійснюється контроль рН субстратних блоків шляхом занурення рН-метру до середини субстрату у пакеті. Зволоження повітря не здійснюється. Оскільки випаровування з перфорації незначне, втрати води з субстрату мінімальні. Освітлення у період інкубації непотрібне. Після інокуляції міцелій деякий час «відновлюється», адаптується до субстрату, а потім починає розростатися у ньому. Через 7-10 діб після інокуляції весь субстрат обростає міцелієм, потім відбувається наростання біомаси міцелію та засвоєння ним усього об'єму субстрату. На 16-20 добу фаза інкубації закінчується та мікроклімат у камері росту необхідно суттєво змінити.

ТП 7.2. Культивування *Pl. ostreatus* у фазу плодоношення

Для швидкого охолодження субстратних блоків до температури 17-19 °С та для видалення накопиченого вуглекислого газу камеру вентилують свіжим повітрям з температурою 5-10 °С. Період охолодження триває до 2-х діб. Після зниження температури субстрату до 17-19 °С ступінь нагріву повітряного потоку

збільшують та стабілізують температуру в камері на рівні 15-16 °С. Одразу після фази охолодження включають систему зволоження повітря та підтримують відносну вологість на рівні 80-90 %. На цьому етапі вмикається система освітлення. Утворення примордіїв відбувається через декілька діб після закінчення охолодження.

Тривалість першої хвилі плодоношення – 5-7 діб. Після збору грибів здійснюють очищення субстрату від залишків грибів та міцеліальних наростів.

ТП 7.3. Відновлення міцелію між хвилями плодоношення

Подача свіжого повітря припиняється, здійснюється рециркуляція повітря та його підігрів для забезпечення нагрівання субстратних блоків до температури 28-30 °С (у центрі блоку). При цьому температура повітря в камері складає 24-26 °С. Зволоження повітря на цьому етапі не здійснюється. Освітлення не вмикають. Після нагріву субстратні блоки витримують за вказаної температури 5-8 діб, потім здійснюють індукцію утворення плодових тіл II хвилі, аналогічно як і для I хвилі. Тривалість другої хвилі складає 7-9 діб.

ТП 8. Збір та зберігання грибів

Догляд за грибною культурою передбачає не лише підтримання оптимальних умов мікроклімату, але й своєчасний збір грибів, їх сортування та зберігання у холодильній камері до моменту реалізації. Кількість хвиль збору врожаю залежить від умов виробництва, але найчастіше обмежується двома.

ТП 8.1. Збір врожаю

Під час збору врожаю персонал має надягати захисні респіратори.

Гриби збирають у фазі «технічної зрілості», коли плодові тіла ще невеликі (30-70 мм у діаметрі) та виділяють мало спор. Гриби викручують з субстрату цілими зростками та складають у ящики шаром не більше 15 см та масою не більше 8 кг.

ТП 8.2. Зберігання грибів

Гриби після збору поміщають у холодильну камеру ХК 12 з температурою 2-4 °С. Після охолодження (через 2-4 години) здійснюють сортування та обробку грибів: обрізають ніжки біля основи та видаляють залишки субстрату. Термін зберігання грибів у холодильній камері у ящиках (нефасованих) – до 24-48 годин.

ПМВ 9. Пакування, маркування, відвантаження продукту

Гриби зважують на вагах В 11 та фасують у картонні піддони по 400-500 г та зверху закривають тонкою повітропроникною плівкою. Упаковки складають боком у ящики та поміщають у холодильну камеру ХК 12 з температурою 2-4 °С на зберігання до моменту відвантаження. Термін зберігання грибів в упаковках – до 5-8 діб.

Маркування виконується державною мовою і мовою, що обумовлена в контракті на поставку. На кожен пакувальну одиницю наносять маркування або наклеюють етикетку, що містить наступні дані: назва підприємства-виробника, його адреса, товарний знак, номер партії, маса нетто, дата виготовлення, строк придатності до використання.

ЗВ 10. Знешкодження відходів

Останньою стадією технологічного процесу є знешкодження відходів, а саме некондиційного посівного матеріалу та субстрату, залишків грибів та міцеліальних наростів, промивних вод та вентиляційного повітря при їх викидах в атмосферу, партій неякісної продукції, залишків пакувальних матеріалів тощо. Дана стадія забезпечує екологічну чистоту виробництва плодових тіл *Pl. ostreatus*.

ЗВ 10.1. Очистка та каналізування стоків

Стічні води на виробництві не містять токсичних речовин та утворюються у незначній кількості (до 0,1-0,2 м³/добу на 500-1000 м² площі). Передбачена механічна очистка від забруднень (вловлювання крупних домішок).

ЗВ 10.2. Очистка повітряних викидів

Повітряні викиди на виробництві *Pl. ostreatus* нетоксичні та містять до 0,1 % CO₂. Передбачене очищення повітря від механічних домішок при подрібненні соломи у циклонах. Очищене повітря йде в атмосферу, а твердий осад – на видалення з підприємства разом з органічними залишками (ЗВ 10.3).

ЗВ 10.3. Утилізація органічних відходів

Всі органічні відходи (залишки грибів, посівного міцелію, відходи субстратів, неякісна продукція) збирають в окремі ємності та вивозять з території виробництва на утилізацію.

ЗВ 10.4. Утилізація відпрацьованого субстрату

Відпрацьований субстрат після вирощування *Pl. ostreatus* може реалізовуватися приватним господарствам для використання як органічне добриво, яке підвищує врожайність ґрунту, або як добавка до корму сільськогосподарським тваринам. За неможливості реалізації відпрацьованого субстрату, його вивозять з підприємства разом з іншими органічними відходами (ЗВ 10.3).

При проведенні досліджень, представлених у дисертаційній роботі, здійснили оптимізацію технологічного процесу виробництва плодових тіл *Pl. ostreatus* на етапі приготування субстрату для культивування *Pl. ostreatus* (ДР 2) шляхом внесення добавок до субстрату (ДР 2.3).

Висновки до розділу 8:

Оптимізовано технологію твердофазного культивування *Pl. ostreatus*, у якій на стадії підготовки субстрату до його складу вносяться добавки, що сприяють підвищенню інтенсивності аромату плодових тіл грибів. В апаратурному оснащенні при вдосконаленні технології твердофазного

культивування *Pl. ostreatus* запропоновано використання вагового дозатору з наддозаторними ємностями для зважування необхідної кількості добавок.

Технологічний процес твердофазного культивування *Pl. ostreatus* складається із допоміжних робіт і стадій основного технологічного процесу. До стадій допоміжних робіт (ДР) належать: санітарна підготовка виробництва, що включає підготовку персоналу, приміщень, обладнання, приготування мийних і дезінфікуючих розчинів; приготування субстрату та його термічна обробка, підготовка пакетів для формування субстратних блоків; зберігання та підготовка посівного міцелію.

Підготовку субстрату запропоновано здійснювати методом аеробної ферментації з попередньою пастеризацією. Культивування рекомендовано проводити за однозональною багатокамерною технологією з розділенням приміщення для росту грибів на кількість камер, які б забезпечували можливість раз на тиждень інокулювати нову партію субстрату із забезпеченням повного циклу вирощування *Pl. ostreatus* в одній камері.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Для підвищення інтенсивності грибних та м'ясних нот запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* при твердофазному культивуванні рекомендовано у якості субстрату обирати соняшникове лушпиння або тирсу листяних порід дерев. Для зміщення профілів запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* у бік трав'янистих, солодких та квіткових нот вирощування грибів рекомендовано проводити на відходах виробництва насіння кукурудзи та соломі ячменю.

2. З метою прискорення процесу плодоношення при культивуванні *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні рекомендовано застосовувати солі кальцію (CaCl_2 , концентрація 10^{-2} - 10^{-3} %), купруму ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} - 10^{-5} %), феруму ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} %), кукурудзяні лусочки (1-5 %) та кору дуба (1-5 %); при вирощуванні *Pl. ostreatus* на соломі ячменю – органо-мінеральне мікродобриво «Аватар-1» (10^{-2} %), житній солод (1-5 %), кукурудзяні лусочки (1-5 %) та «Органічну біодобавку для грибів» (ООО «Экоцентр», 1,25 %).

3. Для збільшення кількості грибних зростків при культивуванні *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні можна застосовувати солі кальцію (CaCl_2 , 10^{-2} - 10^{-3} %), мангану ($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10^{-3} %), цинку ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} - 10^{-5} %), купруму ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} - 10^{-5} %), селену (Na_2SeO_3 , 10^{-6} %), комплексну мінеральну добавку «Кемира люкс» (YaraSuomi, 10^{-3} %), кукурудзяні лусочки (5 %), кукурудзяну олію (1 %), житній солод (1-5 %); а при культивуванні на соломі ячменю – солі феруму ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} %), селену (Na_2SeO_3 , 10^{-6} %), мангану ($\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 10^{-4} %), кукурудзяні лусочки (5 %) та пшеничні висівки (5 %).

4. Для підвищення виходу плодових тіл за субстратом при культивуванні штамів *Pl. ostreatus* на соняшниковому лушпинні та соломі ячменю доцільно додавати до них різноманітні комплексні добавки (кукурудзяні лусочки, житній солод, соєве борошно, кору дуба, молочну сироватку – у концентрації 1-5 %; дріжджовий екстракт, 10^{-2} - 10^{-3} %), соняшкову та кукурудзяну олії (1-5 %). При вирощуванні грибів на соломі ячменю підвищенню виходу плодових тіл за субстратом також сприяє сіль купруму ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) у концентрації 10^{-4} - 10^{-5} %.

5. Для підсилення грибних та м'ясних нот запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* при культивуванні на соняшниковому лушпинні рекомендовано як добавки до нього застосовувати: солі феруму ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 10^{-3} - 10^{-4} %), кальцію (CaCl_2 , 10^{-2} - 10^{-3} %), селену (Na_2SeO_3 , 10^{-5} %), соняшникову та кукурудзяну олії (1-5 %), солод житній (1-5 %), молочну сироватку (1-5 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} - 10^{-3} %), «Органічну біодобавку для грибів» (1,25 %), кукурудзяні лусочки (5 %), пшеничні висівки (1 %), соєве борошно (5 %), кору дуба (5 %), деревну тирсу (1 %). Для підсилення солодких, трав'янистих та квіткових нот запаху плодових тіл *Pl. ostreatus* при вирощуванні на цьому субстраті – добавки селену (Na_2SeO_3 , 10^{-5} %), соняшnikової та кукурудзяної олій (1-5 %), солоду житнього (1-5 %), дріжджового екстракту (10^{-2} - 10^{-3} %), «Органічної біодобавки для грибів» (1,25 %).

6. При вирощуванні плодових тіл *Pl. ostreatus* на соломі ячменю для отримання продукції з більш інтенсивним грибним ароматом рекомендовано вносити у субстрат соняшникову та кукурудзяну олії (1-5 %), солод житній (1-5 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} - 10^{-3} %), «Органічну біодобавку для грибів» (1,25 %), кукурудзяні лусочки (5 %), пшеничні висівки (5 %), соєве борошно (1-5 %), кору дуба (5 %), молочну сироватку (1 %), деревну тирсу (5 %). Для формування у плодових тіл *Pl. ostreatus* більш виражених трав'янистих, солодких і квіткових нот запаху при вирощуванні на соломі ячменю краще застосовувати такі добавки: солі селену (Na_2SeO_3 , 10^{-5} %), кукурудзяну олію (1-5 %), дріжджовий екстракт (10^{-2} - 10^{-3} %), солод житній (1 %).

7. Добавки необхідно вносити до субстратів перед стерилізацією у кількостях, розрахованих по відношенню до маси вологого субстрату, ретельно перемішувати. В апаратурному оснащенні при оптимізації технології твердофазного культивування *Pl. ostreatus* шляхом внесення добавок до субстрату пропонується використовувати ваговий дозатор з наддозаторними ємностями для зважування та дозування необхідної кількості добавок.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вперше проведений розширений скринінг добавок до субстратів, які впливають на запашні властивості грибів роду *Pleurotus*. Для дослідження аромату адаптовано методику використання сенсорного профільного аналізу у біотехнології макроміцетів, що дозволяє без використання складних інструментальних методів аналізу визначити вплив окремих факторів процесу культивування на інтенсивність аромату плодових тіл вищих їстівних грибів. Отримані в ході дослідження дані щодо впливу речовин різної хімічної природи на характер та інтенсивність аромату базидіомицетів при культивуванні *in vitro* сприятимуть забезпеченню керування процесами формування запаху грибів.

1. Проведений скринінг промислових штамів *Pl. ostreatus* з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України на предмет запашних властивостей плодових тіл показав, що найкращим характерним грибним ароматом володіють штами IBK-1535 та IBK-1543.

2. Серед використаних у дисертаційній роботі добавок до субстратів найвищу швидкість росту міцелію та розвитку плодових тіл обумовлювали: комплексне органо-мінеральне добриво «Аватар-1», солі селену, магнію, кальцію, купруму та феруму, кукурудзяні лусочки, кора дуба, солод житній та «Органічна біодобавка для грибів» (виявлено скорочення на 2-3 доби терміну появи примордіїв та I хвилі плодоносіння штамів *Pl. ostreatus* порівняно з контролем). Зафіксовано збільшення кількості грибних зростків на 38,2-317,7 % порівняно з контролем при застосуванні таких добавок до субстратів, як солі цинку, купруму, кальцію, мангану, феруму, селену, а також «Аватар-1» та КМД, рослинних олій, кукурудзяних лусочок, житнього солоду, пшеничних висівок, соєвого борошна, кори дуба, «Органічної біодобавки» та дріжджового екстракту.

3. Аналіз запашних властивостей штамів *Pl. ostreatus* на різних субстратах показав, що профілі запаху грибів, вирощених на соняшниковому лушпинні та тирсі листяних порід дерев характеризувалися більш вираженими грибними та м'ясними нотами. А для плодових тіл, отриманих при культивуванні на соломі

ячменю та відходах кукурудзи, спостерігалось зміщення профілів аромату у бік трав'янистих, солодких та квіткових нот запаху.

4. Результати сенсорного профільного та спектрофотометричного аналізів показали, що найбільший позитивний вплив на інтенсивність аромату досліджених штамів *Pl. ostreatus* чинили солі кальцію, селену та феруму, соняшникова та кукурудзяна олії, солод житній, дріжджовий екстракт, органічна біодобавка, соєве борошно, кукурудзяні лусочки та молочна сироватка порівняно з контролем. Зокрема, зафіксовано підвищення у 1,2-2,1 раза інтенсивності грибних, деревних, м'ясних, трав'янистих та квіткових нот запаху грибів при культивуванні на субстратах з цими добавками.

5. Оптимальним температурним режимом для розвитку плодових тіл досліджених штамів *Pl. ostreatus* з найвищою інтенсивністю аромату визначено режим – 13-16 °С. Нижчі та вищі температури вирощування у деяких варіантах досліду призводили до деформації плодових тіл, зниження продуктивності та запашних якостей грибів.

6. Оптимізовано технологію твердофазного культивування *Pl. ostreatus*, у якій на стадії підготовки субстрату до його складу вносяться добавки, що сприяють підвищенню інтенсивності аромату плодових тіл грибів.

7. Практичне значення результатів дисертаційної роботи для грибовництва України та світу спрямоване на вирішення проблеми покращення запашних властивостей та органолептичної якості їстівних грибів у процесі їх твердофазного культивування. Проведений розширений скринінг добавок до субстратів покладений в основу розробки практичних рекомендацій щодо їх застосування для підвищення інтенсивності аромату грибів, що сприятиме збільшенню попиту на грибну продукцію, розширенню можливостей використання висушених плодових тіл у харчовій промисловості та спрямоване на зростання обсягів промислового виробництва їстівних грибів в Україні.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Zawirska-Wojtasiak R., Siwulski M., Wasowicz E., Sobieralski K., Volatile compounds of importance in the aroma of cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* at different conditions of cultivation. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2007. Vol. 57, No. 3. P. 367-372.
2. Ashmore L., Craske J. D., Srzednicki G. Volatile compounds in fresh, cooked fresh, dried and cooked dried *Agaricus bisporus* using ambient temperature vacuum distillation. *International Food Research Journal*. 2014. Vol. 21, No. 1. P. 263-268.
3. Maftoun P., Johari H., Soltani M., Malik R., Othman N. Z., El Enshasy H. A. The edible mushroom *Pleurotus* spp. : I. Biodiversity and nutritional values. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*. 2015. Vol. 4. P. 67-83.
4. Patel Y., Naraian R., Singh V. K. Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): A review. *World Journal of Fungal and Plant Biology*. 2012. Vol. 3, No. 1. P. 01-12. doi: 10.5829/idosi.wjfpb.2012.3.1.303.
5. Morath, S. U., Hung R., Bennet J. W. Fungal volatile organic compounds: a review with emphasis on their biotechnological potential. *Fungal Biology Reviews*. 2012. Vol. 26, Is. 2-3. P. 73-83. doi:10.1016/j.fbr.2012.07.001.
6. Мишарина Т. А., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г., Теренина М. Б., Крикунова Н. И. Влияние термической обработки на состав летучих компонентов белых грибов (*Boletus edulis*). *Химия растительного сырья*. 2008. № 3. С. 97-101.
7. Hung R., Lee S., Bennett J. W. Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2015. Vol. 99. P. 3395-3405. doi: 10.1007/s00253-015-6494-4.
8. Berendsen R. L., Kalkhove S. I., Lugones L. G., Baars J. J., Wosten H. A., Bakker P. A. Effects of the mushroom-volatile 1-octen-3-ol on dry bubble disease. *Applied Microbial and Cell Physiology*. 2013. Vol. 97. P. 5535-5543. doi: 10.1007/s00253-013-4793-1.
9. Wood W. F., Archer C. L., Largent D. L. 1-Octen-3-ol, a banana slug antifeedant from mushrooms. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2001. Vol. 29. P. 531-533.

10. Xu P., Zhu F., Buss G. K., Leal W. S. 1-Octen-3-ol – the attractant that repels. *F1000Research*. 2015. Vol. 4, No. 156. P. 1-10. doi: 10.12688/f1000research.6646.1.
11. Magalhaes-Junior J. T., Barrouin-Melo S. M., Correa A. G., Silva F. B., Machado V. E., Govone J. S., Pinto M. C. A laboratory evaluation of alcohols as attractants for the sandfly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Parasites and Vectors*. 2014. Vol. 7, No. 60. P. 1-5.
12. Kalac P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 93, No. 2. P. 209-218. doi: 10.1002/jsfa.5960.
13. Cho I. H., Namgung H.-J., Choi H.-K., Kim Y.-S. Volatiles and key odorants in the pileus and stipe of pine-mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.). *Food Chemistry*. 2008. Vol. 106. P. 71-76.
14. Fraatz M. A., Zorn H. Fungal Flavours. In: Hofrichter M. (eds) Industrial Applications. The Mycota (A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research). Springer, Berlin, Heidelberg. 2011. Vol. 10, P. 249-268.
15. Энциклопедия грибов. URL: <https://wikigrib.ru> (дата звернення : 18.03.2017).
16. Zhou J., Feng T., Ye R. Differentiation of eight commercial mushrooms by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Sensors*. 2015. P. 1-14. doi: 10.1155/2015/374013.
17. Yadav M. K., Ram C., Yadav S. K., Dhakad P. K., Sushreeta N., Sushreeta U. Morphological characterization, identification and edibility test of edible mushrooms from Vindhya forest of Northern India. *Research in Environment and Life Sciences*. 2017. Vol. 10, No. 3. P. 246-248.
18. Moliszewska E. Mushroom flavour. *Folia Biologica et Oecologica*. 2014. Vol. 10. P. 80-88. doi: 10.2478/fobio-2014-0007.
19. Zawirska-Wojtasiak R., Siwulski M., Mildner-Szkudlarz S., Wasowicz E. Studies on the aroma of different species and strains of *Pleurotus* measured by GH/MS, sensory analysis and electronic nose. *Acta Scientiarum Polonorum*. 2009. Vol. 8, No. 1. P. 47-61.

20. Splivallo R., Ottonello S., Mello A., Karlovsky P. Truffle volatiles: from chemical ecology to aroma biosynthesis. *New Phytologist*. 2011. Vol. 189, No. 3. P. 688-699.
21. Zeppa S., Gioacchini A. M., Guidi C., Guescini M., Pierleoni R., Zambonelli A., Stocchi V. Determination of specific volatile organic compounds synthesised during *Tuber borchii* fruit body development by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2004. Vol. 18. P. 199-205.
22. Marin A. B. An analytical and sensory evaluation of the aroma volatiles of *Tuber gibbosum*: an abstract of the thesis of MS dissertation / Oregon State University. Corvallis, OR, 1985. 54 p.
23. Wu C.-M., Wan Z. Volatile compounds in fresh and processed shiitake mushrooms (*Lentinus edodes* Sing.). *Food Science and Technology Research*. 2000. Vol. 6, No. 3. P. 166-170.
24. Mata G., Valdez K., Mendoza R., Trigos A. HS/GC-MS analyzed chemical composition of the aroma of fruiting bodies of two species of genus *Lentinus* (higher basidiomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2014. Vol. 16, No. 5. P. 477-484.
25. Nyegue M., Zollo P.-H. A., Bessiere J.-M., Rapior S. Volatile components of fresh *Pleurotus ostreatus* and *Termitomyces shimeri* from Cameroon. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*. 2003. Vol. 6, No. 3. P. 153-160. doi: 10.1080/0972-060X.2003.10643344.
26. Wekesa N. J., Lilechi D. B., Sigot A., Cheruiyot J. K., Kamau R. W., Kisiangani P. Volatile and non-polar chemical constituents of cultivated oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 2016. Vol. 8, No. 3. P. 477-479.
27. Beltran-Garcia M. J., Estarron-Espinosa M., Ogura T. Volatile compounds secreted by the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and their antibacterial activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1997. Vol. 45, No. 10. P. 4049-4052. doi: 10.1021/jf960876i.

28. Mau J.-L., Lin Y.-P., Chen P.-T., Wu Y.-H., Peng J.-T. Flavor compounds in king oyster mushrooms *Pleurotus eryngii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998. Vol. 46, No. 11. P. 4587-4591. doi: 10.1021/jf980508+.
29. Tsai S.-Y., Huang S.-J., Lo S.-H., Wu T.-P., Lian P.-Y., Mau J.-L. Flavour components and antioxidant properties of several cultivated mushrooms. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 113. P. 578-584. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.08.034.
30. Miyazawa M., Usami A. Character impact odorants from mushrooms [*Pleurotus citrinopileatus*, *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*, *Lactarius hatsudake*, and *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers.] used in Japanese traditional food. *Annual Research Report of Nagoya Gakuin University*. 2014. Vol. 50, No. 2. P.1-24.
31. Мишарина Т. А., Теренина М. Б., Крикунова Н. И., Медведева И. Б., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г. Регулирование состава летучих соединений в сушеных грибах. *Химия растительного сырья*. 2010. № 3. С. 115-120.
32. Cronin D. A., Ward M. K. The characterisation of some mushroom volatiles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1971. Vol. 22, Is. 9. P. 477-479. doi: 10.1002/jsfa.2740220912.
33. Leguijt T., Yuksel D., Vuurst de Vries R., Eillebrecht M., Muskens N., Valk H., Sanders M., Rijk T., Wichers H. Flavor and texture of the common mushroom, *Agaricus bisporus*. *Mushroom Biology and Mushroom Products: proceedings of the 2nd International Conference*, June 9-12, 1996. University Park, Pennsylvania, 1996. P. 515-523.
34. Geosel A. The cultivation opportunities and complex comparison survey of *Agaricus blazei* (Murrill): thesis of doctoral dissertation / Corvinus University of Budapest. Budapest, 2011. 21 p.
35. Stijve T., Amazonas M. A., Giller V. Characterisation of flavour and taste compounds in *Agaricus blazei* Murrill sensu Heinem., the cultivated almond mushroom. *Australasian Mycologist*. 2004. Vol. 22, No. 3. P. 116-121.
36. Kuka M., Cakste I., Galoburda R., Sabovics M. Chemical composition of latvian wild edible mushroom *Cantharellus cibarius*. *Foodbalt*. 2014. P. 248-252.
37. Bozok F., Zarifikhosroshahi M., Kafkas E., Hatira Taskin H., Buyukalaca S. Comparison of volatile compounds of fresh *Boletus edulis* and *B. pinophilus* in

- Marmara region of Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2015. Vol. 43, No. 1. P. 192-195. doi: 10.15835/nbha4319731.
38. Мишарина Т. А., Теренина М. Б., Крикунова Н. И., Медведева И. Б., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г. Изменения в составе летучих компонентов при хранении сухих белых грибов (*Boletus edulis*). *Химия растительного сырья*. 2008. № 4. С. 113-118.
 39. Venkateshwarlu G., Chandravadana M. V., Tewari R. P. Volatile flavor components of some edible mushrooms (Basidiomycetes). *Flavour and Fragrance Journal*. 1999. Vol. 14. P. 191-194.
 40. Rapior S., Cavalie S., Andary C., Pelissier Y., Marion C., Bessière J.-M. Investigation of some volatile components of seven fresh wild mushrooms (Basidiomycetes). *Journal of Essential Oil Research*. 1996. Vol. 8. P. 199-201. doi: 10.1080/10412905.1996.9700594.
 41. Rapior S., Marion C., Pelissier Y., Bessière J.-M. Volatile composition of fourteen species of fresh wild mushrooms (Boletales). *Journal of Essential Oil Research*. 1997. Vol. 9. P. 231-234. doi: 10.1080/10412905.1997.9699468.
 42. Pyysalo H. Identification of volatile compounds in seven edible fresh mushrooms. *Acta Chemica Scandinavica*. 1976. Vol. 30. P. 235-244.
 43. Guedes de Pinho P., Ribeiro B., Goncalves R. F., Baptista P., Valentao P., Seabra R. M., Andrade P. B. Aroma compounds in eleven edible mushroom species : relationship between volatile profile and sensorial characteristics. *Expression of Multidisciplinary Flavour Science*. 2007. P. 467-471.
 44. PubChem Compound Database. URL : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> (last accessed 15 April 2017).
 45. Maga J. A. Influence of maturity, storage and heating on the flavor of mushroom (*Agaricus bisporus*) caps and stems. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1981. Vol. 5. P. 95-101.
 46. Bernhard R. A., Simone M. J. The locus of aroma in the mushroom (*Agaricus campestris* L.). *Journal of Food Science*. 1959. Vol. 24, Is. 1. P. 165-166. doi: 10.1111/j.1365-2621.1959.tb17646.x.

47. Combet E., Henderson J., Eastwood D. C., Burton K. S. Eight-carbon volatiles in mushrooms and fungi: properties, analysis, and biosynthesis. *Mycoscience*. 2006. Vol. 47. P. 317-326.
48. Noel-Suberville C., Cruz C., Guinberteau J., Montury M. Correlation between fatty acid content and aromatic compound release in fresh blewit (*Lepista nuda*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1996. Vol. 44, No. 5. P. 1180-1183. doi: 10.1021/jf950438w.
49. Method of enhancing mushroom mycelium flavor. Szuecz J., Yonkers N. Y. : pat. 2693664 USA, appl. 20.08.1949, publ. 09.11.1954.
50. Бухало А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / Отв. ред. Дудка И. А. Киев : Наук. думка, 1988. 144 с.
51. Omarini A., Nepote V., Grosso N. R., Zygodlo J. A., Alberto E. Sensory analysis and fruiting bodies characterisation of the edible mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Polyporus tenuiculus* obtained on leaf waste from the essential oil production industry. *International Journal of Food Science & technology*. 2010. Vol. 45, No. 3. P. 466-474. doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02147.x.
52. Hiraide M. *Lentinula edodes* III : Substances that increase the odorous compound content. *Journal of Wood Science*. 2006. Vol. 52, No. 3. P. 265-269. doi: 10.1007/s10086-005-0758-z.
53. Yokota M. E., Frison P. S., Marcante R. C., Jorge L. F., Valle J. S., Dragunski D. C., Colauto N. B., Linde G. A. Iron translocation in *Pleurotus ostreatus* basidiocarps: production, bioavailability, and antioxidant activity. *Genetics and Molecular Research*. 2016. Vol. 15, No. 1. P. 1-10.
54. Silva M., Nunes M. D., Da Luz J. M., Kasuya M. C. Mycelial growth of *Pleurotus* spp. in Se-enriched culture media. *Advances in Microbiology*. 2013. Vol. 3. P. 11-18.
55. Silva M., Naozuka J., Luz J. M., Assuncao L. S., Oliveira P. V., Vanetti M., Bazzolli D., Kasuya M. Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks. *Food Chemistry*. 2012. Vol. 131. P. 558-563.
56. Gasecka M., Mleczek M., Siwulski M., Niedzielski P. Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with

- selenium and zinc. *European Food Research and Technology*. 2015. Vol. 242, No. 5. P. 723-732.
57. Nunes R. G., Luz J. M., Freitas R. B., Higuchi A., Kasuya M. C., Vanetti M. C. Selenium bioaccumulation in *Shiitake* mushrooms: A nutritional alternative source of this element. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77, No. 9. P. 983-986.
 58. Jelen H. H., Majcher M. Food aroma compounds: tools and techniques for detection. *Food Engineering and Ingredients*. 2009. P. 38-41.
 59. Larsen T. O., Frisvad J. C. Chemosystematics of *Penicillium* based on profiles of volatile metabolites. *Mycological Research*. 1995. Vol. 99, Is. 10. P. 1167-1174. doi: 10.1016/S0953-7562(09)80272-4.
 60. Brodhun F., Feussner I. Oxylipins in fungi. *FEBS Journal*. 2011. Vol. 278. P. 1047-1063. doi: 10.1111/j.1742-4658.2011.08027.x.
 61. Senger T., Wichard T., Kunze S., Gobel C., Lerchl J., Pohnert G., Feussner I. A multifunctional lipooxygenase with fatty acid hydroperoxide cleaving activity from the moss *Physcomitrella patens*. *The Journal of Biological Chemistry*. 2005. Vol. 280, No. 9. P. 7588-7596. doi: 10.1074/jbc.M411738200.
 62. Tasaki Y., Toyama S., Kuribayashi T., Joh T. Molecular characterization of a lipooxygenase from the basidiomycete mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2013. Vol. 77, No. 1. P. 38-45. doi: 10.1271/bbb.120484.
 63. Gardner H. W. Recent investigations into the lipooxygenase pathway of plants. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1991. Vol. 1084. P. 221-239.
 64. Wurzenberger M., Grosch W. The formation of 1-octen-3-ol from the 10-hydroperoxide isomer of linoleic acid by a hydroperoxidelyase in mushrooms (*Psalliota bispora*). *Biochimica et Biophysica Acta*. 1984. Vol. 794, No. 1. P. 25-30.
 65. Akakabe Y., Matsui K., Kajiwarra T. Stereochemical correlation between 10-hydroperoxyoctadecadienoic acid and 1-octen-3-ol in *Lentinula edodes* and *Tricholoma matsutake* mushrooms. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2005. Vol. 69, No. 8. P. 1539-44.

66. Assaf S., Hadar Y., Dosoretz C. G. 1-Octen-3-ol and 13-hydroperoxylinoleate are products of distinct pathways in the oxidative breakdown of linoleic acid by *Pleurotus pulmonarius*. *Enzyme and Microbial Technology*. 1997. Vol. 21, No. 7. P. 484-490.
67. Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferreira I. Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*. 2012. Vol. 50, No. 2. P. 191-197. doi: 10.1016/j.fct.2011.10.056.
68. Cheng A.-X., Lou Y.-G., Mao Y.-B., Lu S., Wang L.-J., Chen X.-Y. Plant terpenoids : biosynthesis and ecological functions. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2007. Vol. 49, No. 2. P. 179-186.
69. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. 471 с.
70. Dudareva N., Klempien A., Muhlemann J. K., Kaplan I. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist*. 2013. Vol. 198. P. 16-32. doi: 10.1111/nph.12145.
71. Lee W.-J., Banavara D. S., Hughes J. E., Christiansen J. K., Steele J. L., Broadbent J. R., Rankin S. A. Role of cystathionine β -lyase in catabolism of amino acids to sulfur volatiles by genetic variants of *Lactobacillus helveticus* CNRZ 32. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007. Vol. 73, No. 9. P. 3034-3039. doi: 10.1128/AEM.02290-06.
72. Liu Y., Lei X.-Y., Chen L.-F., Bian Y.-B., Yang H., Ibrahim S. A., Huang W. A novel cysteine desulfurase influencing organosulfur compounds in *Lentinula edodes*. *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. P. 10047. doi: 10.1038/srep10047.
73. Yasumoto K., Iwami K., Mitsuda H. Enzyme-catalized evolution of lenthionine from lentinic acid. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1971. Vol. 35, No. 13. P. 2070-2080. doi: 10.1080/00021369.1971.10860188.
74. Laporta G. Z., Sallum M. A. Effect of CO₂ and 1-octen-3-ol attractants for estimating species richness and the abundance of diurnal mosquitoes in the southeastern Atlantic forest, Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 2011. Vol. 106, No. 3. P. 279-284.

75. Kline D. L. Olfactory attractants for mosquito surveillance and control: 1-octen-3-ol. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1994. Vol. 10, No. 2. P. 280-287.
76. Kline D. L., Mann M. O. Evaluation of butanone, carbon dioxide, and 1-octen-3-ol as attractants for mosquitoes associated with north central Florida bay and cypress swamps. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1998. Vol. 14, No. 3. P. 289-297.
77. Takken W., Kline D. L. Carbon dioxide and 1-octen-3-ol as mosquito attractants. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1989. Vol. 5, No. 3. P. 311-316.
78. Yin G., Padhi S., Lee S., Hung R., Zhao G., Bennett J. W. Effects of three volatile oxylipins on colony development in two species of fungi and on *Drosophila* larval metamorphosis. *Current Microbiology*. 2015. Vol. 71, No. 3. P. 347-356. doi: 10.1007/s00284-015-0864-0.
79. Chitarra G. S., Abee T., Rombouts F. M., Dijksterhuis J. 1-Octen-3-ol inhibits conidia germination of *Penicillium paneum* despite of mild effects on membrane permeability, respiration, intracellular pH, and changes the protein composition. *FEMS Microbiology Ecology*. 2005. Vol. 54, Is. 1. P. 67-75. doi: 10.1016/j.femsec.2005.02.013.
80. Chitarra G. S., Abee T., Rombouts F. M., Posthumus M. A., Dijksterhuis J. Germination of *Penicillium paneum* conidia is regulated by 1-octen-3-ol, a volatile self-inhibitor. *Applied and Environmental Microbiology*. 2004. Vol. 70, No. 5. P. 2823-2829. doi: 10.1128/AEM.70.5.2823-2829.2004
81. Okull D. O., Beelman R. B., Gourama H. Antifungal activity of 10-oxo-trans-8-decenoic acid and 1-octen-3-ol against *Penicillium expansum* in potato dextrose agar medium. *Journal of Food Protection*. 2003. Vol. 66, No. 8. P. 1503-1505.
82. Sawahata T., Shimano S., Suzuki M. Tricholoma matsutake 1-octen-3-ol and methyl cinnamate repel mycophagous *Proisotoma minuta* (Collembola : Insecta). *Mycorrhiza*. 2008. Vol. 18. P. 111-114. doi: 10.1007/s00572-007-0158-x.
83. Poland T. M., Pureswaran D. S., Ciaramitaro T. M., Ciaramitaro G. H. 1-Octen-3-ol is repellent to *Ips pini* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the midwestern United States. *The Canadian Entomologist*. 2009. Vol. 141. P. 158-160.

84. Noble R., Dobrovin-Pennington A., Hobbs P. J., Pederby J., Rodger A. Volatile C8 compounds and pseudomonads influence primordium formation of *Agaricus bisporus*. *Mycologia*. 2009. Vol. 101, No. 5. P. 583-591.
85. Hynes J., Muller C. T., Jones T. H., Boddy L. Changes in volatile production during the course of fungal mycelial interactions between *Hypholoma fasciculare* and *Resinicium bicolor*. *Journal of Chemical Ecology*. 2007. Vol. 33, No. 1. P. 43-57. doi: 10.1007/s10886-006-9209-6.
86. Shnyreva A. A., Shnyreva A. V. Phylogenetic analysis of *Pleurotus* species. *Russian Journal of Genetics*. 2015. Vol. 51, No. 2. P. 148-157.
87. MycoBank. URL: <http://www.mycobank.org/MB/174220> (last accessed 28 November 2018).
88. Vieira F. R., Pereira D. M., Andrade M. C., Minihoni M. T. Molecular characterization of *Pleurotus ostreatus* commercial strains by random amplified polymorphic DNA (RAPD). *African Journal of Agricultural Research*. 2013. Vol. 8, No. 24. P. 3146-3150.
89. Сухомлин М. М., Джаган В. В. Гриби України : Атлас-довідник, 2-е видання / Рец. Д. В. Лукашов, Н. А. Бісько ; Наук. ред. В. П. Гелюта. К. : Видавнича група КМ-БУКС, 2017. 240 с. : іл.
90. Анненков Б., Азарова В. Коллекция штаммов вешенки обыкновенной, их оценка и использование в грибоводстве. *Овощеводство и тепличное хозяйство*. 2011. № 5. С. 46-52.
91. Бісько Н. А., Бухало А. С., Вассер С. П. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Под общ. ред. Дудки И. А. Киев : Наук. думка, 1983. 312 с.
92. Buchalo A., Mychaylova O., Lomberg M., Wasser S. P. Microstructures of vegetative mycelium of macromycetes in pure cultures / Eds. P. A. Volz, E. Nevo. Kiev : M. G. Kholodny Institute of Botany National Academy of Sciences of the Ukraine, 2009. 224 p.
93. ДСТУ 7786:2015. Гриби. Глива звичайна свіжа. Технічні умови. [Чинний від 2016-01-04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 11 с.

94. Основы биотехнологии высших грибов : Учебное пособие. / Н. А. Заикина, А. Е. Коваленко, В. А. Галынкин, Ю. Т. Дьяков, А. Д. Тищенко. СПб. : «Проспект Науки», 2007. 336 с.
95. Колекція культур шапинкових грибів (ІВК) / Бісько Н. А., Ломберг М. Л., Митропольська Н. Ю., Михайлова О. Б. Київ : Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного Національної Академії наук України, «Альтерпрес», 2016. 120 с.
96. Deepalakshmi K., Mirunalini S. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*. 2014. Vol. 5, No. 2. P. 718-726.
97. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре : Сборник научных трудов в двух томах. Т. 1 / Бухало А. С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А., Вассер С. П., Дудка И. А., Митропольская Н. Ю., Михайлова О. Б., Негрейко А. М., Поединок Н. Л., Соломко Э. Ф. Под ред. чл.-кор. НАН Украины С. П. Вассера. Киев : Альтерпрес, 2011. 212 с.
98. Ahmed M., Abdullah N., Ahmed K. U., Bhuyan B. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2013. Vol. 48, No. 2. P. 197-202. doi: 10.1590/S0100-204X2013000200010.
99. Sales-Campos C., Araujo L. D., Almeida Minhoni M. T., Andrade M. C. Physiochemical analysis and centesimal composition of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown in residues from the Amazon. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*. 2011. Vol. 31, No. 2. P. 456-461. doi: 10.1590/S0101-20612011000200027.
100. Patil S. S, Ahmed S. A., Telang S. M., Baig M. M. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. *Innovative Romanian Food Biotechnology*. 2010. No. 7. P. 66-76.
101. Ogundele G. F., Salawu S. W., Abdulraheem I. A., Bamidele O. P. Nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on softwood (*Daniella oliveri*) sawdust and hardwood (*Anogeissus leiocarpus*) sawdust. *British Journal of Applied Science and Technology*. 2017. Vol. 20, No. 1. P. 1-7. doi: 10.9734/BJAST/2017/28160.

102. Vetter J., Hajdu Cs., Gyorfi J., Maszlaver P. Mineral composition of the cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. *Acta Alimentaria*. 2005. Vol. 34, No. 4. P. 441-451. doi: 10.1556/AAlim.34.2005.4.11.
103. Papaspyridia L.-M., Aligiannisb N., Christakopoulou P., Skaltsounisb A. L., Fokialakis N. Production of bioactive metabolites with pharmaceutical and nutraceutical interest by submerged fermentation of *Pleurotus ostreatus* in a batch stirred tank bioreactor. *Procedia Food Science*. 2011. No. 1. P. 1746-1752. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.257.
104. Paul C., Roy T., Das N. Potentiality of oyster mushroom (*Pleurotus* Spp.) in medicine – A review. *Annals of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 2, No. 2. P. 1014.
105. Bawadekji A., Mridha M.A., Al Ali M., Jamith Basha W. Antimicrobial activities of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kummer. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2017. Vol. 7, No. 10. P. 227-231.
106. Sala Uddin G. M., Sarwar Hossain M., Monirul Islam M., Asaduzzaman M., Jahan Bulbul I., Ruhul Amin M. Evaluation of antimicrobial, antioxidant and cytotoxic property of *Pleurotus ostreatus* mushroom. *International Research Journal of Biological Sciences*. 2015. Vol. 4, No. 1. P. 29-33.
107. Pauliuc I., Botau D. Antibacterial activity of *Pleurotus ostreatus* gemmotherapeutic extract. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2013. Vol. 17, No. 1. P. 242- 245.
108. Vamanu E. *In vitro* antimicrobial and antioxidant activities of ethanolic extract of lyophilized mycelium of *Pleurotus ostreatus* PQMZ91109. *Molecules*. 2012. No. 17. P. 3653-3671. doi:10.3390/molecules17043653.
109. Nehra K., Kumar M. M., Yadav A. Evaluation of antimicrobial potential of fruiting body extracts of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *International Journal of Microbial Resource Technology*. 2012. Vol. 1, No. 4. P. 391-400.
110. Owaid M. N., Al-Saeedi S. S., Al-Assaffii I. A. Antifungal activity of cultivated oyster mushrooms on various agro-wastes. *Summa Phytopathologica*. 2017. Vol. 43, No. 1. P. 9-13. doi: 10.1590/0100-5405/2069.

111. Kumar V., Yadav U. Screening of antifungal activity of *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus*. *Biolife*. 2014. Vol. 2, No. 3. P. 918-924.
112. Owaid M. N., Al Saeedi S. S., Abed I. A., Shahbazi P., Vikineswary Sabaratnam V. Antifungal activities of some *Pleurotus* species (higher Basidiomycetes). *Walailak Journal of Science and Technology*. 2017. Vol. 14, No. 3. P. 215-224.
113. Santoyo S., Ramírez-Anguiano A. C., Aldars-García L., Reglero G., Soler-Rivas C. Antiviral activities of *Boletus edulis*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes* extracts and polysaccharide fractions against Herpes simplex virus type 1. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2012. Vol. 51, No. 4. P. 225-235.
114. Krupodorova T., Rybalko S., Barshteyn V. Antiviral activity of Basidiomycete mycelia against influenza type A (serotype H1N1) and herpes simplex virus type 2 in cell culture. *Virologica Sinica*. 2014. Vol. 29, No. 5. P. 284-290. doi: 10.1007/s12250-014-3486-y.
115. Jayakumar T., Sakthivel M., Thomas P. A., Geraldine P. *Pleurotus ostreatus*, an oyster mushroom, decreases the oxidative stress induced by carbon tetrachloride in rat kidneys, heart and brain. *Chemico-Biological Interactions*. 2008. No. 176. P. 108-120. doi:10.1016/j.cbi.2008.08.006.
116. Соломко Э. Ф., Зинченко В. А. Грибная пищевая добавка, повышающая противолучевую резистентность организма. *Успехи медицинской микологии*. 2004. Т. 3. С. 251-253.
117. Jayakumar T., Thomas P. A., Geraldine P. Protective effect of an extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on antioxidants of major organs of aged rats. *Experimental Gerontology*. 2007. Vol. 42, No. 3. P. 183-191. doi: 10.1016/j.exger.2006.10.006.
118. Jayakumar T., Thomas P. A., Ramesh E., Geraldine P. An extract of the *Pleurotus ostreatus* mushroom bolsters the glutathione redox system in various organs of aged rats. *Journal of Medicinal Food*. 2010. Vol. 13, No. 4. P. 771-778. doi: 10.1089/jmf.2009.1130.
119. Jayakumar T., Thomas P. A., Isai M., Geraldine P. An extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, increases catalase gene expression and reduces

- protein oxidation during aging in rats. *Journal of Chinese Integrative Medicine*. 2010. Vol. 8, No. 8. P. 774-780. doi: 10.3736/jcim20100808.
120. Facchini J. M., Alves E. P., Aguilera C., Gern R. M., Silveira M. L., Wisbeck E., Furlan S. A. Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide fractions on Ehrlich tumor and Sarcoma 180. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2014. No. 68. P. 72-77. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.04.033.
 121. Pauliuc I., Cimporescu A., Daliborca C. V., Popescu R., Botau D., Dumitrascu V. Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* gemmotherapeutic extract. *Annals of RSCB*. 2013. Vol. 18, No. 1. P. 178-181.
 122. Cao X. Y., Liu J. L., Yang W., Hou X., Li Q. J. Antitumor activity of polysaccharide extracted from *Pleurotus ostreatus* mycelia against gastric cancer *in vitro* and *in vivo*. *Molecular Medicine Reports*. 2015. Vol. 12, No. 2. P. 2383-2389. doi: 10.3892/mmr.2015.3648.
 123. Meignanalakshmi S., Aarthi K. S., Parthiban M., Palanisammi A. *In vitro* anticancer activity of papain hydrolysates of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) protein. *Hygeia Journal for Drugs and Medicines*. 2015. Vol. 6, No. 2. P. 1-4. doi: 10.15254/H.J.D.Med.6.2014.130.
 124. Wu J.-Y., Chen C.-H., Chang W.-H., Chung K.-T., Liu Y.-W., FLu F.-J., Chen C.-H. Anti-cancer effects of protein extracts from *Calvatia lilacina*, *Pleurotus ostreatus* and *Volvariella volvacea*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011. P. 1-10. doi:10.1093/ecam/neq057.
 125. Morris H. J., Gabriel Llauro G., Gutierrez A., Lebeque Y., Fontaine R., Beltran Y., Garcia N., Bermudez R. C., Gaime-Perraud I. Immunomodulating properties of *Pleurotus* sp. fruiting bodies powder on cyclophosphamide treated mice. *Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7). Section: Medicinal properties*. 2011. P. 329-338.
 126. Kyakulaga A. H., Ogwang P. E., Obua C., Nakabonge G., Mwavu E. N. Immunomodulatory effects of aqueous extracts of *Auricularia* sp. and *Pleurotus* sp. mushrooms in cyclophosphamide-immunosuppressed Wistar rats. *British Journal of Pharmaceutical Research*. 2013. Vol. 3, No. 4. P. 662-670.

127. Sarangi I., Ghosh D., Bhutia S. K., Mallick S. K., Maiti T. K. Anti-tumor and immunomodulating effects of *Pleurotus ostreatus* mycelia-derived proteoglycans. *International Immunopharmacology*. 2006. Vol. 6, No. 8. P. 1287-1297. doi: 10.1016/j.intimp.2006.04.002.
128. Olufemi A. E., Terry A. O., Kola O. J. Anti-leukemic and immunomodulatory effects of fungal metabolites of *Pleurotus pulmonarius* and *Pleurotus ostreatus* on benzene-induced leukemia in Wister rats. *The Korean Journal of Hematology*. 2012. Vol. 47, No. 1. P. 67-73. doi: 10.5045/kjh.2012.47.1.67.
129. Opletal L., Jahodar L., Chobot V., Zdansky P., Lukes J., Bratova M., Solichova D., Blunden G., Dacke C. G., Patel A. V. Evidence for the anti-hyperlipidaemic activity of the edible fungus *Pleurotus ostreatus*. *British Journal of Biomedical Science*. 1997. Vol. 54, No. 4. P. 240-243.
130. Abidin M. H., Abdullah N., Abidin N. Z. Therapeutic properties of *Pleurotus* species (oyster mushrooms) for atherosclerosis: A review. *International Journal of Food Properties*. 2017. Vol. 20, No. 6. P. 1251-1261. doi: 10.1080/10942912.2016.1210162.
131. Bobek P., Galbavy S. The oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) effectively prevents the development of atherosclerosis in rabbits. *Ceskaa a Slovenskaa farmacie*. 1999. Vol. 48, No. 5. P. 226-230.
132. Choudhury B. K., Hossain S., Hossain M., Kakon A. J., Choudhury M. A., Ahmed N. U., Rahman T. *Pleurotus ostreatus* improves lipid profile of obese hypertensive nondiabetic males. *Bangladesh Journal of Mushroom*. 2013. Vol. 7, No. 2. P. 37-44.
133. Ravi B., Renitta R. E., Prabha M. L., Issac R., Naidu S. Evaluation of antidiabetic potential of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in alloxan-induced diabetic mice. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. 2013. Vol. 35, No. 1. P. 101-109. doi: 10.3109/08923973.2012.710635.
134. Xiong M., Huang Y., Liu Y., Huang M., Song G., Ming Q., Ma X., Yang J., Deng S., Wen Y., Shen J., Liu Q. H., Zhao P., Yang X. Antidiabetic activity of

- ergosterol from *Pleurotus ostreatus* in KK-A^y mice with spontaneous type 2 diabetes mellitus. *Molecular Nutrition Food Research*. 2018. Vol. 62, No. 3.
135. Zhang Y., Hu T., Zhou H., Zhang Y., Jin G., Yang Y. Antidiabetic effect of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 83. P. 126-132. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2015.11.045.
 136. Johnny I., Okon J. Antidiabetic effect of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr) kumm. mushroom on alloxan-induced diabetic rats. *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research*. 2013. Vol. 1, No. 1. P. 31-36.
 137. Jayasuriya W. J., Suresh T. S., Abeytunga D., Fernando G. H., Wanigatunga C. A. Oral hypoglycemic activity of culinary-medicinal mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *P. cystidiosus* (higher basidiomycetes) in normal and alloxan-induced diabetic Wistar rats. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2012. Vol. 14, No. 4. P. 347-355. doi: 10.1615/IntJMedMushr.v14.i4.20.
 138. Jedinak A., Dudhgaonkar S., Wu Q., Simon J., Sliva D. Anti-inflammatory activity of edible oyster mushroom is mediated through the inhibition of NF- κ B and AP-1 signaling. *Nutrition Journal*. 2011. Vol. 10, No. 52. P. 1-10. doi: 10.1186/1475-2891-10-52.
 139. Zitte L. F., Konya R. S., Akpiri R. U. Anti-inflammatory effect of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) aqueous extracts on *Rattus norvegicus* (albino rats). *Greener Journal of Biological Sciences*. 2016. Vol. 6, No. 3. P. 61-67. doi: 10.15580/GJBS.2016.3.051816091.
 140. Zhang J., Sun L., Zapata P., Arias M., Atehortuac L., Webster T. Anti-inflammatory bone protective effects of nano-protein extracts from mushroom species : *Ganoderma lucidum* and *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2017. Vol. 17, No. 8. P. 5884-5889. doi: 10.1166/jnn.2017.13854.
 141. Soares A. A., Sa-Nakanishi A. B., Bracht A., Gomes da Costa S. M., Koehnlein E. A., Souza C. G., Peralta R. M. Hepatoprotective effects of mushrooms. *Molecules*. 2013. No. 18. P. 7609-7630. doi: 10.3390/molecules18077609.

142. Refaie F. M., Esmat A. Y., Daba A. S., Osman W. M., Taha S. M. Hepatoprotective activity of polysaccharopeptides from *Pleurotus ostreatus* mycelium on thioacetamide-intoxicated mice. *Micologia Aplicada International*. 2010. Vol. 22, No. 1. P. 1-13.
143. Дворнина А. А. Базидиальные съедобные грибы в искусственной культуре. Кишинев : «Штиинца», 1990. 112 с.
144. Hoa H. T., Wang C.-L., Wang C.-H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*. 2015. Vol. 43, No. 4. P. 423-434.
145. Naraian R., Sahu R. K., Kumar S., Garg S. K., Singh C. S., Kanaujia R. S. Influence of different nitrogen rich supplements during cultivation of *Pleurotus florida* on corn cob substrate. *Environmentalist*. 2009. Vol. 29. P. 1-7. doi: 10.1007/s10669-008-9174-4.
146. Bhattacharjya D. K., Paul R. K., Miah Md. N., Ahmed K. U. Comparative study on nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Fr.) cultivated on different sawdust substrates. *Bioresearch Communications*. 2015. Vol. 1, No. 2. P. 93-98.
147. Figlas N. D., Matute G., Curvetto N. Sunflower seed hull: its value as a broad mushroom substrate. *Annals of Food Processing and Preservation*. 2016. Vol. 1, No. 1. P. 1002.
148. Ogundele G. F., Abdulazeez R. O., Bamidele O. P. Effect of pure and mixed substrate on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 2014. Vol. 2, No. 2S. P. 215-219.
149. Silva S. O., Costa S. M., Clemente E. Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel., substrates and residue after cultivation. *Brazilian archives of biology and technology*. 2002. Vol. 45, No. 4. P. 531-535.
150. Vetayasuporn S. The feasibility of using coconut residue as a substrate for oyster mushroom cultivation. *Biotechnology*. 2007. Vol. 6, No. 4. P. 578-582.

151. Vanathi P., Panneerselvam A., Senthil Kumar R. Studies on cultivation and biochemical characterization of *Pleurotus florida*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2016. Vol. 5, No. 10. P. 342- 347.
152. Culture medium for cultivating oyster mushrooms by using tea leaves and preparation method thereof : патент CN 104261992 (A) Китай : C05G 3/00 (2006.01), A01G 1/04 (2006.01). № 201410690149.7; заявл. 25.11.2014; опубл. 11.03.2015.
153. Yilmaz A., Yildiz S., Kilic C., Can Z. Protein contents and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* cultivated on tea and espresso wastes. *International Journal of Secondary Metabolite*. 2017. Vol. 4, No. 3. P. 177-186. doi: 10.21448/ijsm.370113.
154. *Pleurotus eryngii* cultivation material with use of garlic straw and *Pleurotus eryngii* production method : патент CN 104402617 (A) Китай : C05G 3/00 (2006.01). № 201410504164.8; заявл. 25.09.2014; опубл. 07.01.2015.
155. Thongklang N., Luangharn T. Testing agricultural wastes for the production of *Pleurotus ostreatus*. *Mycosphere*. 2016. Vol. 7, No. 6. P. 766-772. doi: 10.5943/mycosphere/7/6/6.
156. Alananbeh K. M., Bouqellah N. A., Al Kaff N. S. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014. Vol. 21. P. 616-625. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.08.001.
157. Jafarpour M., Zand A. J., Dehdashtizadeh B., Eghbalsaied S. Evaluation of agricultural wastes and food supplements usage on growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. *African Journal of Agricultural Research*. 2010. Vol. 5, No. 23. P. 3291-3296.
158. Величко Т. О., Зубарева І. М., Мітіна Н. Б., Ткаля О. І., Шаталін Д. Б. Оптимізація поживних середовищ для культивування *Pleurotus ostreatus*. *Наукові праці*. 2011. В. 40, № 2. С.165-167.
159. Chang S. T., Miles P. G. Mushrooms : cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press LLC, 2004. 451 p.

160. Philippoussis A., Zervakis G., Diamantopoulou P. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2001. Vol. 17. P. 191-200.
161. Sharma S., Yadav R. K., Pokhrel C. P. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *Journal on New Biological Reports*. 2013. Vol. 2, No. 1. P. 3-8.
162. Семірненко Ю. І., Бондаренко С. М. Утилізація золи лушпиння соняшника. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. В. 3, № 28. С. 152-155.
163. Осьмак О. О., Серьогін О. О. Рослинна біомаса – альтернативний вид палива. *Харчова промисловість*. 2012. С. 182-186.
164. Зубко В. М., Соколік С. П. Аналіз технологій та технічних засобів для використання відходів виробництва соняшнику в якості біопалива. *Інженерія природокористування*. 2017. №1 (7). С. 6-10.
165. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2014. № 7. С. 1-31.
166. Применение соломы зерновых культур на удобрение в Томской области. Рекомендации. ГНУ СибНИИТ СО РАНХН. Департамент социально-экономического развития села Томской области. Томск, 2004. 10 с.
167. Вдовенко С. А. Особливості культивування гливи звичайної на солом'яних субстратах. *Збірник наукових праць ВНАУ. Овочівництво*. 2011. №8 (48). С. 75-80.
168. Кислицына С. Н., Шитова И. Ю. Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности: учеб. пособие по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств». Пенза : ПГУАС, 2016. 140 с.
169. Михайлов Г. М., Серов Н. А. Пути улучшения использования вторичного древесного сырья. М. : «Лесная промышленность», 1988. 224 с.

170. Miah Md. N., Brinti A. N., Ahmed K. U. Effect of different sawdust on the growth, yield and proximate composition of *Pleurotus sajor-caju*. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2016. Vol. 9, No. 1. P. 40-52.
171. Лесь М. М. Субстрати для вирощування гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) у сумішах з відходами хвойних порід. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. В. 21.9. С. 33-36.
172. Павлов И. Н., Литовка Ю. А., Мулява В. В., Сафронова И. Е., Кулаков С. С., Пашенова Н. В., Мулява В. Е. Биоконверсия отходов лесопереработки ксилотрофным базидиомицетом *Pleurotus eryngii* (Dc.) Quél. *АгроЭкоИнфо*. 2017. № 2. С. 1-11.
173. Голуб Н. Б., Жураховська Д. І., Чумак В. Л. Вплив якісного складу сировини на продукування водню мікроорганізмами. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2013. № 2 (55). С. 224-230.
174. Cancalon P. Chemical composition of sunflower seed hulls. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1971. V. 48. P. 629-632.
175. Cochran V. L. Decomposition of barley straw in a subarctic soil in the field. *Biology and Fertility of Soils*. 1991. Vol. 10, No. 4. P. 227-232.
176. Овчинникова А. А., Александрова А. В., Щербаков В. Г., Алешин В. Н. Аналитические, технологические и региональные аспекты рационального оборота вторичных материальных ресурсов. *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2011. № 4 (18). С. 34-37.
177. Овчинникова А. А., Александрова А. В., Лобанов В. Г., Алешин В. Н. Анатомические особенности и химический состав стержней кукурузных початков. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2011. № 5-6. С. 11-12.
178. Abubakar U. S., Yusuf K. M., Safiyanu I., Abdullahi S., Saidu S. R., Abdu G. T., Indee A. M. Proximate and mineral composition of corn cob, banana and plantain peels. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2016. Vol. 1, No. 6. P. 25-27.
179. Pointner M., Kuttner P., Obrlik T., Jager A., Kahr H. Composition of corncobs as a substrate for fermentation of biofuels. *Agronomy Research*. 2014. Vol. 12, No. 2. P. 391-396.

180. Аль-Маалі Г. А. Вплив цитратів металів, отриманих методом аквананотехнології, на ріст штамів лікарських макроміцетів *Ganoderma lucidum* 1900 і *Trametes versicolor* 353. *Укр. ботан. журн.* 2015. Вип. 72, № 4. С. 393-397.
181. Pitt D., Ugalde U. O. Calcium in fungi. *Plant, sell and environment*. 1984. Vol. 7, No. 6. P. 467-475.
182. El Habbasha S. F., Faten M. I. Calcium: physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*. 2015. Vol. 8, No. 12. P. 196-202.
183. Regalado C. M. Roles of calcium gradients in hyphal tip growth: a mathematical model. *Microbiology*. 1998. Vol. 144. P. 2771-2782.
184. Jackson S. L., Heath I. B. Roles of calcium ions in hyphal tip growth. *Microbiological reviews*. 1993. Vol. 57, No. 2. P. 367-382.
185. Беккер З. Э. Физиология и биохимия грибов. Москва : Издательство Московского университета, 1988. 230 с.
186. Pasternak K., Kocot J., Horecka A. Biochemistry of magnesium. *Journal of elementology*. 2010. Vol. 15, No. 3. P. 601-616.
187. Hartwig A. Role of magnesium in genomic stability. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 2001. Vol. 475 (1-2). P. 113-121.
188. Kosman D. J. Molecular mechanisms of iron uptake in fungi. *Molecular Microbiology*. 2003. Vol. 47, No. 5. P. 1185-1197.
189. Philpott C. C. Iron uptake in fungi: A system for every source. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2006. Vol. 1763. P. 636-645.
190. Величко Н. А., Берикашвили З. Н. Химический состав плодового тела гриба *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. *Vestnik KrasGAU*. 2008. № 4. С. 274-278.
191. Philpott C. C., Leidgens S., Frey A. G. Metabolic remodeling in iron-deficient fungi. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2012. Vol. 1823. P. 1509-1520.
192. Голованов А. Б., Мягкова Г. И., Гроза Н. В. Липоксигеназное окисление жирных кислот в растениях. *Вестник МИТХТ*. 2008. Т. 3, № 6. С. 26-33.

193. Law N., Caudle M., Pecoraro V. Manganese redox enzymes and model systems: properties, structures, and reactivity. *Advances in Inorganic Chemistry*. 1998. Vol. 46. P. 305-440.
194. Аль-Маалі Г. А., Бісько Н. А., Остапчук А. М. Вплив сульфатів та цитратів металів на вуглеводний склад біомаси лікарського гриба *Trametes versicolor* (Polyporales, Polyporaceae). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, медицина*. 2016. Вип. 7, № 1. С. 32-36.
195. Curvetto N. R., Figlas D., Devalis R., Delmastro S. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH₄⁺ and/or Mn(II). *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 84. P. 171-176.
196. Broadley M. R., White P. J., Hammond J. P., Zelko I., Lux A. Zinc in plants. *New Phytologist*. 2007. Vol. 173, No. 4. P. 677-702.
197. Tsonev T., Lidon F. G. Zinc in plants – An overview. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2012. Vol. 24, No. 4. P. 322-333.
198. Stajic M., Persky L., Hadar Y., Friesem D., Duletic-Lausevic S., Wasser S. P., Nevo E. Effect of copper and manganese ions on activities of laccase and peroxidases in three *Pleurotus* species grown on agricultural wastes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2006. Vol. 128. P. 87-96.
199. Savic M. D., Petrovic J. P., Klaus A. S., Niksic M. P., Rajkovic M. B., Filipovic N. R., Antic-Mladenovic S. B. Growth and fruit body formation of *Pleurotus ostreatus* on media supplemented with inorganic selenium. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*. 2009. No. 116. P. 209-216.
200. Werner A. R., Beelman R. B. Growing high-selenium edible and medicinal button mushrooms (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) as ingredients for functional foods or dietary supplements. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2002. Vol. 4, No. 2. P. 112-120.
201. Ostadalova I. Biological effects of selenium compounds with a particular attention to the ontogenetic development. *Physiological Research*. 2012. Vol. 61, No. 1. P. S19-S34.

202. Mkhize S. S., Cloete J., Basson A. K., Zharare G. E. Performance of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and wheat bran. *Food Science and Technology*. 2016. Vol. 36, No. 4. P. 598-605. doi: 10.1590/1678-457X.08516.
203. Naraian R., Singh M.P., Ram S. Supplementation of basal substrate to boost up substrate strength and oyster mushroom yield: An overview of substrates and supplements. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2016. Vol. 5, No. 5. P. 543-553. doi: 10.20546/ijcmas.2016.505.056.
204. Бисько Н. А., Митропольская Н. Ю. Физиологические и медико-биологические аспекты исследований съедобного лекарственного гриба шиитакэ *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. Современная микология в России : материалы докладов I съезда микологов России, 11-13 апреля. Москва. 2002. С. 277.
205. Ueitele I., Kadhila-Muandingi N., Matundu N. Evaluating the production of *Ganoderma* mushroom on corn cobs. *African Journal of Biotechnology*. 2014. Vol. 13, No. 22. P. 2215-2219. doi: 10.5897/ AJB2014.13650.
206. Lisiecka J., Rogalski J., Sobieralski K., Siwulsk M., Sokol S., Shoji Ohga S. Mycelium growth and biological efficiency of *Ganoderma lucidum* on substrate supplemented with different organic additives. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*. 2015. Vol. 60, No. 2. P. 303-308.
207. Цизь А. М. Эффективность внесения органических азотсодержащих добавок в субстраты для культивирования шампиньона двуспорового. *Современная микология в России: материалы 2-го Съезда микологов России*. М.: Национ. академия микологии, 2008. Т. 2. С.44.
208. Krupodorova T. A., Barshteyn V. Y. Alternative substrates for higher mushrooms mycelia cultivation. *Journal of Bioscience and Biotechnology*. 2015. Vol. 4, No. 3. P. 339-347.
209. Oseni T. O., Dube S. S., Wahome P. K., Masarirambi M. T., Earnshaw D. M. Effect of wheat bran supplement on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented pine sawdust substrate. *Experimental Agriculture and Horticulture*. 2012. P. 30-40.

210. Earnshaw D. M., Dlamini B. E., Masariramb M. T. Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) grown on different substrates ammended with varying levels of wheat bran. *International Journal of Life Sciences*. 2012. Vol. 1, No. 4. P. 111-117.
211. Hu C., Zou Y., Zhao W. Effect of soybean oil on the production of mycelial biomass and pleuromutilin in the shake-flask culture of *Pleurotus mutilis*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2009. Vol. 25. P. 1705-1711.
212. Kalyoncu I. H., KaSik G., Ozcan M., Ozturk C. Effects of sesame and bitter almond seed oils on mycelium growth of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. *Grasas y Aceites*. 1999. Vol. 50, No. 5. P. 392-394.
213. Bellettini M. B., Fiorda F. A., Maieves H. A., Teixeira G. L., Avila S., Hornung P. S., Junior A. M., Ribani R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi journal of biological sciences*. 2016. P. 1-14.
214. Yokota M. E., Frison P. S., Marcante R. C., Jorge L. F., Valle J. S., Dragunski D. C., Colauto N. B., Linde G. A. Iron translocation in *Pleurotus ostreatus* basidiocarps: production, bioavailability, and antioxidant activity. *Genetics and Molecular Research*. 2016. Vol. 15, No. 1. P. 1-10.
215. Almeida S. M., Umeo S. H., Marcante R. C., Yokota M. E., Valle J. S., Dragunski D. C., Colauto N. B., Linde G. A. Iron bioaccumulation in mycelium of *Pleurotus ostreatus*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2015. Vol. 46, No. 1. P. 195-200.
216. Денисова Г. В. Влияние неорганических соединений селена на рост и развитие базидиальных макромицетов: дисс. ...канд. биол. наук: 03.00.24 / МГУ. Москва, 1999. 111 с.
217. Rzymiski P. Cultivation of *Agaricus bisporus* enriched with selenium, zink and copper. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017. Vol. 97, Is. 3. P. 923-928.
218. Matute R. G., Serra A., Figlas D., Curvetto N. Copper and zinc bioaccumulation and bioavailability of *Ganoderma lucidum*. *Journal of Medicinal Food*. 2011. Vol. 14, No. 10. P. 1273-1279.

219. Figlas D., Oddera M., Curvetto N. Bioaccumulation and bioavailability of copper and zinc on mineral-enriched mycelium of *Grifola frondosa*. *Journal of Medicinal Food*. 2010. Vol. 13, No. 2. P. 469-475.
220. Николайчук Л. Ф. Влияние ионов Cu, Pb и Cd на рост мицелия и состав липидов *Pleurotus ostreatus*. *Микология и фитопатология*. 2005. № 2. С. 56-61.
221. Аль-Маалі Г. А., Бісько Н. А., Остапчук А. М. Вплив сульфату та цитрату міді на склад біомаси лікарського гриба *Trametes versicolor* (Polyporales, Polyporaceae). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2016. Т. 24, № 1. С. 119-123. doi:10.15421/011614.
222. Oghenekaro A. O., Okhuoya J. A., Akpaja, E. O. Growth of *Pleurotus tuberregium* (Fr) Singer on some heavy metal-supplemented substrates. *African Journal of Microbiology Research*. 2008. Vol. 2. P. 268-271.
223. Польских С. В., Курдюков А. А. Влияние минеральных добавок на рост и развитие гриба вешенки обыкновенной. *Успехи медицинской микологии*. 2013. Т. 11(10). С. 360-365.
224. Цивилева О. М., Никитина В. Е., Гарибова Л. В. Использование двухвалентного марганца при получении посевного мицелия *Lentinus edodes*. *Микология и фитопатология*. 2006. Т. 40, № 2. С. 142-145.
225. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» / Укл. О. В. Кузнецова, К. М. Власенко. Дніпропетровськ : ДВНЗ УДХТУ, 2017. 79 с.
226. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наук. думка, 1987. 148 с.
227. Apati G. P., Furlan S. A., Laurindo J. B. Drying and rehydration of oyster mushroom. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2010. Vol. 53, No. 4. P. 945-952.
228. Фалендиш Н. О., Терлецька В. А., Зінченко І. М., Федорова Т. О. Технохімічний контроль в технології галузі : Конспект лекцій для студ. за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. К. : НУХТ, 2012. 44 с.

229. ГОСТ ISO 13299-2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. [Действителен от 2017-07-01]. М. : Стандартиформ, 2016. 24 с.
230. Родина Т. Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров. М. : Академия, 2004. 208 с.
231. ГОСТ ISO 6658-2016. Органолептический анализ. Методология Общее руководство. [Действителен от 2017-07-01]. М. : Стандартиформ, 2016. 21 с.
232. Li Y., Zhang J., Li T., Yang T., Wang Y., Liu H. Ultraviolet spectroscopy used to fingerprint five wild-grown edible mushrooms (*Boletaceae*) collected from Yunnan, China. *Journal of Spectroscopy*. 2016. Vol. 3. P. 1-8.
233. Беккер Ю. Спектроскопия. М. : Техносфера, 2009. 528 с.
234. Пентин Ю. А., Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. М. : Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. 683 с.
235. Браун Д., Флойд А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ : Пер. с англ. М. : Мир, 1992. 300 с.
236. PubChem Compound Database. URL : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/702#section=Top> (last accessed 12 April 2018).
237. PubChem Compound Database. URL : <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8058> (last accessed 18 April 2018).
238. Ткачев А. В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск : ИПП «Офсет», 2008. 969 с.
239. Alamprese C., Casale M., Sinelli N., Lanteri S., Casiraghi E. Detection of minced beef adulteration with turkey meat by UV–Vis, NIR and MIR spectroscopy. *LWT – Food Science and Technology*. 2013. Vol. 53, Is. 1. P. 225-232. doi: 10.1016/j.lwt.2013.01.027.
240. Souto U. T., Pontes M. J., Silva E. C., Galvao R. K., Araujo M. C., Sanches F. A., Cunha F. A., Oliveira M. S. UV–Vis spectrometric classification of coffees by SPA–LDA. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 119, Is. 1. P. 368-371. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.05.078.

241. Reid L. M., O'Donnell C. P., Downey G. Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Science & Technology*. 2006. Vol. 17, Is. 7. P. 344-353. doi: 10.1016/j.tifs.2006.01.006.
242. Gad H. A., El-Ahmady S. H., Abou-Shoer M. I., AlAzizi M. M. A modern approach to the authentication and quality assessment of thyme using UV spectroscopy and chemometric analysis. *Phytochemical Analysis*. 2013. Vol. 24, No. 6. P. 520-526. doi: 10.1002/pca.2426.
243. Chavan S. S., Jadhav V. M., Kadam V. J. A Review on spectroscopic analysis of phytopharmaceuticals. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2017. Vol. 43(1), No. 31, P. 161-168.
244. Kalaichelvi K., Dhivya S. M. Screening of phytoconstituents, UV-VIS Spectrum and FTIR analysis of *Micrococca mercurialis* (L.) Benth. *International Journal of Herbal Medicine*. 2017. Vol. 5, No. 6. P. 40-44.
245. Sandosh T. A., Peter M. P., Raj J. Y. Phytochemical analysis of *Stylosanthes fruticosa* using UV-VIS, FTIR and GC-MS. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2013. Vol. 3, No. 11. P. 14-23.
246. Butnariu M., Coradini C. Z. Evaluation of biologically active compounds from *Calendula officinalis* flowers using spectrophotometry. *Chemistry Central Journal*. 2012. Vol. 6, Is. 35. P. 1-7.
247. Jain P. K., Soni A., Jain P., Bhawsar J. Phytochemical analysis of *Mentha spicata* plant extract using UV-VIS, FTIR and GC/MS technique. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2016. Vol. 8, No. 2. P. 1-6.
248. Bunghez F., Socaciu C., Zagrean F., Pop R. M., Ranga F., Romanciuc F. Characterisation of an aromatic plant-based formula using UV-Vis spectroscopy, LC–ESI(+)QTOF-MS and HPLC-DAD analysis. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*. 2013. Vol. 70, No. 1. P. 16-24.
249. Rafi M., Jannah R., Heryanto R., Kautsar A., Septaningsih D. A. UV-Vis spectroscopy and chemometrics as a tool for identification and discrimination of four *Curcuma* species. *International Food Research Journal*. 2018. Vol. 25, No. 2. P. 643-648.

250. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001. Vol. 1, Is. 1. P. F4.3.1-F4.3.8. doi: 10.1002/0471142913.faf0403s01.
251. Friedman M. Analysis of biologically active compounds in potatoes (*Solanum tuberosum*), tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), and jimson weed (*Datura stramonium*) seeds. *Journal of Chromatography A*. 2004. Vol. 1054, Is. 1-2. P. 143-155. doi: 10.1016/j.chroma.2004.04.049.
252. Yang T. W., Cui B. K., Zhang J., Li T., Li J. K., Liu H. G. Identification of different parts of edible bolete mushrooms by UV fingerprint. *Mycosystema*. 2014. Vol. 33, No. 2. P. 262-272. doi: 10.13346/j.mycosystema.130262.
253. Li Y., Zhang J., Liu H., Jin. H., Wang Y., Li T. Discrimination of storage periods for *Macrocybe gigantea* (Masse) using UV spectral fingerprints. *Czech Journal of Food Sciences*. 2016. Vol. 33, No. 5. P. 441-448.
254. Сильверстейн Р., Басслер Г., Моррил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. М. : «Мир», 1977. 590 с.
255. Кутафьева Н. П. Морфология грибов : Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2003. 215 с.
256. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [Действителен от 1977-01-01]. М. : Стандартиформ, 1976. 10 с.
257. Спосіб отримання карбоксилатів харчових кислот з використанням нанотехнології : пат. 39392 Україна : МПК (2009) C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. № u200811394; заявл. 22.09.08; опубл. 25.09.09, Бюл. № 4. 3 с.
258. ДСТУ 4492:2005. Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 22 с.
259. ДСТУ ГОСТ 8808:2003. Олія кукурудзяна. Технічні умови. [Чинний від 2004-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 12 с.

260. Kongbonga Y., Ghalilan H., Onana M., Majdi Y., Lakhdar Z., Mezlini H., Sevestre-Ghalila S. Characterization of vegetable oils by fluorescence spectroscopy. *Food and Nutrition Sciences*. 2011. Vol. 2. P. 692-699.
261. Orsavova J., Misurcova L., Ambrozova J., Vicha R., Mlcek J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16. P. 12871-12890.
262. Zheljazkov V. D., Vick B. A., Ebelhar M. W., Buehring N., Baldwin B. S., Astatkie T., Miller J. F. Yield, oil content, and composition of sunflower grown at multiple locations in Mississippi. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100, No. 3. P. 635-642.
263. Тимчук Д. С., Мужилко В. В., Демченко Д. А. Вміст та жирнокислотний склад олії у зерні ендоспермових мутантів кукурудзи. *Вісник Харківського національного аграрного університету, серія біологія*. 2017. Вип. 2, № 41. С. 85-91.
264. ГОСТ 29272-92. Солод ржаної сухої. Технічні умови. [Дійсний з 1993-06-01]. М. : Издательство стандартов, 1992. 23 с.
265. Чурсінов Ю. О., Півоваров О. А., Ковальова О. С. Дослідження зміни складу ферментованого солоду при сушінні. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. №1 (39). С. 48-52.
266. Баланов П. Е., Смотраева И. В. Технология солода: Учеб.-метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 82 с.
267. Андрущенко Б. О., Угрімова Д. А., Міснянкін Д. О. Перспективи екструзійної обробки для підвищення якості ферментованого житнього солоду. Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». 2017. Т. 2. 144 с.
268. ДСТУ 3016-95. Висівки кормові пшеничні і житні. Технічні умови. [Чинний від 1996-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 14 с.
269. Onipe O. O., Jideani A. I., Beswa D. Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 50. P. 2509-2518.

270. Чурсінов Ю. О., Миколенко С. Ю., Соколов В. Ю., Біленко В. В. Технологічні аспекти виробництва зернових продуктів з високою біологічною цінністю. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. №3 (37). С. 70-75.
271. Курмаз Я. В. Обґрунтування використання пшеничних висівків при виробництві функціональних м'ясних продуктів. *Праці ТДАТУ*. 2014. Вип. 14, Т. 1. С. 125-130.
272. ДСТУ 4543:2006. Борошно соєве харчове. Технічні умови. [Чинний від 2007-05-18]. Київ, 2007. С. 14.
273. Дробот В. І., Арсеньєва Л. Ю., Яценко Н. П., Юрчак В. Г., Махинько В. М. Сучасний стан і перспективи використання продуктів переробки сої у хлібопекарській, макаронній, кондитерській та харчоконцентратній промисловості. *Наукові праці ОДАХТ*. 2001. Вип. 21. С. 295-298.
274. Taghdir M., Mazloomi S. M., Honar N., Sepandi M., Ashourpour M, Salehi M. Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 5. P. 439-445. doi: 10.1002/fsn3.411.
275. Sana M., Xhabiri G., Seferi E., Sinani A. Influence of soy flour in baked products. *Albanian journal of agricultural sciences*. 2012. Vol. 11, No. 4. P. 255-259.
276. Zareia O., Dastmalchia S., Hamzeh-Mivehroud M. A simple and rapid protocol for producing yeast extract from *Saccharomyces cerevisiae* suitable for preparing bacterial culture media. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. 2016. Vol. 15, No. 4. P. 907-913.
277. Milic T. V., Rakin M., Slavica Siler-Marinkovic S. Utilization of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for the production of yeast extract: effects of different enzymatic treatments on solid, protein and carbohydrate recovery. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2007. Vol. 72, No. 5. P. 451-457.
278. Grant C. L., Pramer D. Minor element composition of yeast extract. *Journal of Bacteriology*. 1962. Vol. 84. P. 869-870.

279. Mendes C. A., Adnet F. A., Leite M. C., Furtado C. R., Sousa A. M. Chemical, physical, mechanical, thermal and morphological characterization of corn husk residue. *Cellulose Chemistry and Technology*. 2015. Vol. 49 (9-10). P. 727-735.
280. Yimaz N. D. Effect of chemical extraction parameters on corn husk fibres characteristics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*. 2013. Vol. 38. P. 29-34.
281. Zhou R., Yang M., Zhang H. Research on pretreatment technology for corn husk degumming. *Polymers and Polymer Composites*. 2014. Vol. 22, No. 8. P. 687-692.
282. Журенко Д. С., Цубанова Н. А. Экстракт коры дуба как перспективный компонент в создании новых лекарственных препаратов. *Фармацевтична наука та практика: проблеми, досягнення, перспективи розвитку* : матеріали І наук.-практ. інтернет-конф. з міжнар. участю, м. Харків, 24-25 березня 2016 р. Х. : НФаУ, 2016. С. 258.
283. Drozd P., Pyrzynska K. Assessment of polyphenol content and antioxidant activity of oak bark extracts. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2018. Vol. 76, Is. 2. P. 793-795. doi: 10.1007/s00107-017-1280-x.
284. Ткаченко Н. А., Некрасов П. О., Вікуль С. І. Оптимізація рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сироватки. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. Т. 1/10, № 79. С. 49-57.
285. Білик О. Я. Розробка технології альбумінового сиру «Урда» із молока різних видів тварин : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Львів. нац. ун-т вет. мед. та біотехнол. ім. С. З. Гжицького. Львів, 2016. 167 с.
286. Турчин І. М., Гамкало Х., Войчишин А. Використання молочної сироватки при виробництві десертів. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького*. 2017. Т. 19, № 80. С. 165-168.
287. Хоменко А. Д., Мерзлов С. В. Хімічний склад сироватки молока – компонента поживного середовища для *Spirulina platensis*. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2013. Вип. 9. С. 73-75.
288. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре : Сборник научных трудов в двух томах. Т. 2 / Под ред. чл.-кор. НАН Украины С. П. Вассера. Киев, 2012. 459 с.

289. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию : учеб. пособие. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2011. 302 с.
290. Атраментова Л. О., Утевська О. М. Статистика для біологів. Харків : Видавництво «НТМТ», 2014. 331 с.
291. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М. : Практика, 1998. 459 с.
292. The NIST Chemistry WebBook. URL : <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C67641&Mask=400> (last accessed 20 April 2018).
293. The NIST Chemistry WebBook. URL : <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C123728&Units=SI&Mask=400#UV-Vis-Spec> (last accessed 20 April 2018).
294. Вязьмин С. Ю., Рябухин Д. С., Васильев А. В. Электронная спектроскопия органических соединений : Учебное пособие. СПб. : СПбГЛТА, 2011. 43 с.
295. Jang K.-Y., Jhune C.-S., Park J.-S., Cho S.-M., Weon H.-Y., Cheong J.-C., Choi S.-G., Sung J.-M. Characterization of fruitbody morphology on various environmental conditions in *Pleurotus ostreatus*. *Mycobiology*. 2003. Vol. 31, No. 3. P. 145-150. doi: 10.4489/MYCO.2003.31.3.145.
296. Вовк Н. В. Интенсивное культивирование штаммов гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. на твердых отходах растительной биомассы. *Промышленная ботаника*. 2002. Вып. 2. С. 222-226.
297. Морозов А. И. Выращивание вешенки. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 46 с.
298. Вдовенко С. А., Кепко О. І. Морфологія плодових тіл виду *Pleurotus*. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2004. № 19. С. 12-15.
299. Грибы и грибоводство / Авт.-сост. П. А. Сычев, Н. П. Ткаченко; под общ. Ред. П. А. Сычева. М. : ООО «Издательство АСТ»; Донецк : «Сталкер», 2003. 511 с.
300. Пирог Т. П., Ігнатова О. А. Загальна біотехнологія : Підручник. К. : НУХТ, 2009. 336 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Дегустаційні листи для проведення сенсорного профільного аналізу

Дегустаційний лист № 1

ПІБ _____

Дата дегустації _____

Об'єкт дослідження зразки висушених грибів *Pleurotus ostreatus*

Визначте характерні складові запаху продукту в описових термінах та вкажіть порядок їх прояву:

Показник якості	Описові терміни	Порядок прояву
Запах		

Дегустаційний лист № 2

ПІБ _____

Дата дегустації _____

Об'єкт дослідження зразки висушених грибів *Pleurotus ostreatus*

Оцініть ступінь інтенсивності прояву кожної ознаки запаху в балах за шкалою:

0 – ознака відсутня

1 –ознака лише упізнається або відчувається

2 – слабка інтенсивність

3 – помірна інтенсивність

4 – сильна інтенсивність

5 – дуже сильна інтенсивність

Характерні ознаки запаху	Інтенсивність за зразками					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Грибний						
Солодкий						
Деревний						
Трав'янистий						
Кислий						
Рибний						
М'ясний						
Земляний						
Квітковий						
Гнильний						

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1. Приклад отриманих результатів запису оптичної густини

Довжина хвилі, нм	Оптична густина, од.	Довжина хвилі, нм	Оптична густина, од.	Довжина хвилі, нм	Оптична густина, од.	Довжина хвилі, нм	Оптична густина, од.
200	0,2534	225,027	0,1120	249,5534	0,1017	274,0799	0,2425
200,5005	0,1897	225,5275	0,1101	250,054	0,1046	274,5804	0,2381
201,0011	0,1455	226,0281	0,1085	250,5545	0,1076	275,0809	0,2341
201,5016	0,1194	226,5286	0,1070	251,055	0,1105	275,5815	0,2310
202,0022	0,1044	227,0291	0,1056	251,5556	0,1132	276,082	0,2291
202,5027	0,0955	227,5297	0,1042	252,0561	0,1158	276,5826	0,2284
203,0032	0,0920	228,0302	0,1027	252,5567	0,1182	277,0831	0,2290
203,5038	0,0934	228,5308	0,1012	253,0572	0,1204	277,5836	0,2310
204,0043	0,0980	229,0313	0,0997	253,5577	0,1226	278,0842	0,2340
204,5049	0,1021	229,5318	0,0984	254,0583	0,1249	278,5847	0,2380
205,0054	0,1048	230,0324	0,0971	254,5588	0,1274	279,0853	0,2425
205,5059	0,1060	230,5329	0,0958	255,0594	0,1302	279,5858	0,2472
206,0065	0,1076	231,0335	0,0947	255,5599	0,1334	280,0863	0,2518
206,507	0,1096	231,534	0,0936	256,0604	0,1369	280,5869	0,2557
207,0076	0,1120	232,0345	0,0927	256,561	0,1409	281,0874	0,2585
207,5081	0,1137	232,5351	0,0919	257,0615	0,1455	281,588	0,2598
208,0086	0,1155	233,0356	0,0911	257,562	0,1504	282,0885	0,2591
208,5092	0,1174	233,5361	0,0903	258,0626	0,1557	282,589	0,2562
209,0097	0,1212	234,0367	0,0895	258,5631	0,1609	283,0896	0,2510
209,5103	0,1266	234,5372	0,0887	259,0637	0,1661	283,5901	0,2436
210,0108	0,1336	235,0378	0,0879	259,5642	0,1710	284,0907	0,2343
210,5113	0,1400	235,5383	0,0871	260,0648	0,1756	284,5912	0,2236
211,0119	0,1449	236,0388	0,0863	260,5653	0,1797	285,0917	0,2120
211,5124	0,1482	236,5394	0,0854	261,0658	0,1833	285,5923	0,2001
212,013	0,1510	237,0399	0,0847	261,5664	0,1863	286,0928	0,1885
212,5135	0,1537	237,5405	0,0840	262,0669	0,1886	286,5934	0,1778
213,014	0,1562	238,041	0,0834	262,5674	0,1905	287,0939	0,1682
213,5146	0,1576	238,5415	0,0829	263,068	0,1920	287,5944	0,1600
214,0151	0,1576	239,0421	0,0825	263,5685	0,1935	288,095	0,1534
214,5157	0,1566	239,5426	0,0820	264,0691	0,1949	288,5955	0,1484
215,0162	0,1553	240,0432	0,0816	264,5696	0,1966	289,096	0,1450
215,5167	0,1539	240,5437	0,0813	265,0702	0,1987	289,5966	0,1430
216,0173	0,1526	241,0443	0,0811	265,5707	0,2014	290,0971	0,1422
216,5178	0,1511	241,5448	0,0811	266,0712	0,2049	290,5977	0,1423
217,0183	0,1492	242,0453	0,0812	266,5718	0,2092	291,0982	0,1430
217,5189	0,1472	242,5459	0,0813	267,0723	0,2143	291,5988	0,1440
218,0194	0,1450	243,0464	0,0815	267,5728	0,2199	292,0993	0,1450
218,52	0,1430	243,547	0,0818	268,0734	0,2260	292,5998	0,1459
219,0205	0,1408	244,0475	0,0822	268,5739	0,2324	293,1004	0,1461
219,521	0,1386	244,548	0,0829	269,0745	0,2386	293,6009	0,1454
220,0216	0,1363	245,0486	0,0837	269,575	0,2445	294,1014	0,1434
220,5221	0,1339	245,5491	0,0848	270,0755	0,2497	294,602	0,1400
221,0227	0,1315	246,0496	0,0860	270,5761	0,2538	295,1025	0,1351
221,5232	0,1289	246,5502	0,0874	271,0766	0,2564	295,6031	0,1287
222,0237	0,1264	247,0507	0,0890	271,5771	0,2573	296,1036	0,1211

222,5243	0,1238	247,5513	0,0910	272,0777	0,2567	296,6042	0,1123
223,0248	0,1212	248,0518	0,0933	272,5782	0,2545	297,1047	0,1026
223,5254	0,1187	248,5523	0,0960	273,0788	0,2512	297,6052	0,0924
224,0259	0,1163	249,0529	0,0988	273,5793	0,2471	298,1058	0,0821
298,6063	0,0722	311,6203	0,0107	324,6344	0,0051	337,6484	0,0047
299,1068	0,0629	312,1209	0,0103	325,1349	0,0049	338,1489	0,0046
299,604	0,0545	312,6214	0,0099	325,6354	0,0048	338,6495	0,0044
300,1079	0,0469	313,1219	0,0095	326,136	0,0047	339,15	0,0042
300,6085	0,0404	313,6225	0,0092	326,6365	0,0047	339,6505	0,0039
301,109	0,0347	314,123	0,0089	327,1371	0,0047	340,1511	0,0036
301,6095	0,0299	314,6236	0,0085	327,6376	0,0045	340,6516	0,0033
302,1101	0,0258	315,1241	0,0081	328,1381	0,0044	341,1522	0,0030
302,6106	0,0225	315,6246	0,0077	328,6387	0,0042	341,6527	0,0028
303,1111	0,0197	316,1252	0,0073	329,1392	0,0040	342,1533	0,0025
303,6117	0,0175	316,6257	0,0069	329,6398	0,0037	342,6538	0,0022
304,1122	0,0157	317,1263	0,0066	330,1403	0,0035	343,1543	0,0020
304,6128	0,0144	317,6268	0,0064	330,6408	0,0033	343,6549	0,0018
305,1133	0,0133	318,1273	0,0062	331,1414	0,0032	344,1554	0,0019
305,6139	0,0126	318,6279	0,0061	331,6419	0,0033	344,6559	0,0020
306,1144	0,0121	319,1284	0,0061	332,1425	0,0035	345,1565	0,0021
306,6149	0,0119	319,629	0,0062	332,643	0,0037	345,657	0,0021
307,1155	0,0120	320,1295	0,0063	333,1435	0,0041	346,1576	0,0020
307,616	0,0121	320,63	0,0063	333,6441	0,0044	346,6581	0,0020
308,1165	0,0122	321,1306	0,0063	334,1446	0,0048	347,1586	0,0020
308,6171	0,0122	321,6311	0,0062	334,6451	0,0051	347,6592	0,0020
309,1176	0,0121	322,1317	0,0061	335,1457	0,0053	348,1597	0,0021
309,6182	0,0118	322,6322	0,0060	335,6462	0,0053	348,6602	0,0021
310,1187	0,0115	323,1328	0,0058	336,1468	0,0052	349,1608	0,0023
310,6193	0,0112	323,6333	0,0056	336,6473	0,0050	349,6613	0,0026
311,1198	0,0110	324,1338	0,0054	337,1479	0,0048		

ДОДАТОК В

Бальна оцінка інтенсивності атрибутів запаху висушених плодових тіл *Pl. ostreatus*

Таблиця В.1. Інтенсивність прояву атрибутів аромату штамів *Pl. ostreatus*

Штам гриба	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
ІВК-549	3,20±0,17	1,60±0,14	2,67±0,19	1,73±0,19	1,07±0,16	0,00±0,00	1,47±0,17	1,67±0,19	0,33±0,13	0,73±0,16
ІВК-550	1,87±0,17	1,20±0,23	1,47±0,14	0,67±0,13	0,20±0,11	0,00±0,00	0,53±0,14	1,47±0,14	0,27±0,12	0,80±0,11
ІВК-551	2,93±0,19	1,13±0,14	2,47±0,14	1,60±0,17	0,87±0,17	0,00±0,00	1,07±0,16	0,93±0,12	0,13±0,09	0,60±0,17
ІВК-1535	3,40±0,17	1,13±0,09	2,73±0,12	1,47±0,17	0,20±0,11	0,00±0,00	1,60±0,17	1,27±0,12	0,40±0,14	0,33±0,16
ІВК-1543	3,27±0,12	1,80±0,15	1,93±0,12	1,13±0,09	0,53±0,14	0,00±0,00	1,47±0,14	1,00±0,00	0,80±0,11	0,13±0,09
ІВК-2275	2,87±0,17	1,47±0,24	1,73±0,12	0,80±0,11	0,47±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12	1,33±0,13	0,47±0,14	0,00±0,00

Таблиця В.2. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus* у залежності від типу субстрату

Варіант субстрату/штам гриба	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
Соняшникове лушпиння	3,40±0,17 ^b	1,73±0,19 ^{bcd}	2,13±0,17	1,87±0,17 ^d	1,20±0,18 ^{cd}	0,00±0,00	1,40±0,17	1,67±0,19 ^d	0,27±0,12 ^{bcd}	0,87±0,17 ^{bcd}
Солома ячменю	2,87±0,17 ^{ac}	2,47±0,14 ^{ad}	2,40±0,14 ^d	2,13±0,14 ^d	0,80±0,11 ^d	0,00±0,00	1,27±0,19	1,33±0,13 ^d	1,07±0,16 ^a	0,27±0,12 ^a
Кукурудзяні відходи	3,33±0,13 ^b	2,47±0,14 ^{ad}	2,27±0,16	2,33±0,16 ^d	0,53±0,14 ^{ad}	0,00±0,00	1,27±0,16	1,33±0,13 ^d	1,47±0,14 ^{ad}	0,00±0,00 ^a
Тирса	3,00±0,17	1,13±0,09 ^{abc}	2,07±0,19 ^b	1,33±0,13 ^{abc}	0,00±0,00 ^{abc}	0,00±0,00	1,07±0,12	0,27±0,12 ^{abc}	0,93±0,12 ^{ac}	0,13±0,09 ^a
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
Соняшникове лушпиння	2,93±0,12 ^d	1,20±0,11 ^{bc}	2,40±0,14	1,67±0,19	0,93±0,16 ^{bcd}	0,00±0,00	1,20±0,18 ^d	1,07±0,07 ^b	0,13±0,09 ^{bcd}	0,80±0,18 ^{cd}
Солома ячменю	2,60±0,17	2,47±0,14 ^{ad}	2,40±0,14	1,33±0,16 ^c	0,47±0,14 ^{acd}	0,00±0,00	1,20±0,11 ^d	1,60±0,14 ^{acd}	0,67±0,19 ^a	0,47±0,14 ^{cd}
Кукурудзяні відходи	2,80±0,15 ^d	2,73±0,12 ^{ad}	2,27±0,21	1,87±0,17 ^b	0,00±0,00 ^{ab}	0,00±0,00	1,27±0,12 ^d	1,07±0,07 ^b	0,93±0,19 ^a	0,00±0,00 ^{ab}
Тирса	2,27±0,12 ^{ac}	1,33±0,13 ^{bc}	2,00±0,17	1,53±0,14	0,00±0,00 ^{ab}	0,00±0,00	0,53±0,14 ^{abc}	0,80±0,11 ^b	0,73±0,19 ^a	0,00±0,00 ^{ab}
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535									
Соняшникове лушпиння	3,60±0,14 ^{bcd}	1,13±0,09 ^{bc}	2,53±0,14	1,33±0,16 ^c	0,20±0,11 ^{bd}	0,00±0,00 ^d	1,67±0,16	1,40±0,20	0,33±0,13 ^b	0,33±0,16
Солома ячменю	2,73±0,16 ^a	2,53±0,14 ^{acd}	2,67±0,13 ^d	1,80±0,18 ^d	0,73±0,19 ^{ad}	0,00±0,00 ^d	1,33±0,13	1,20±0,11 ^d	0,80±0,18 ^a	0,00±0,00
Кукурудзяні відходи	3,13±0,17 ^a	1,93±0,19 ^{abd}	2,33±0,16	2,27±0,19 ^{ad}	0,33±0,13 ^d	0,00±0,00 ^d	1,53±0,14	1,40±0,14 ^d	0,73±0,16	0,13±0,09
Тирса	3,07±0,16 ^a	1,13±0,09 ^{bc}	2,07±0,19 ^b	1,47±0,14 ^c	0,73±0,12 ^{ac}	1,20±0,21 ^{ab}	1,73±0,12 ^b	0,93±0,16 ^{bc}	0,60±0,14	0,27±0,12 ^b

Примітка: різниця статистично достовірна порівняно із: ^a – соняшниковим лушпинням, ^b – соломкою ячменю, ^c – відходами кукурудзи, ^d – тирсою для $P < 0,05$

Таблиця В.3. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів гриба *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з мінеральними добавками

Мінеральна добавка	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
Контроль	3,60±0,14	2,20±0,11	2,20±0,11	1,53±0,14	0,67±0,13	1,80±0,21	1,73±0,12	1,13±0,14	0,27±0,12	0,40±0,14
Ca 10 ⁻² %	4,00±0,17	2,40±0,14	1,80±0,11*	1,80±0,11	0,60±0,14	0,20±0,11*	2,00±0,17	0,80±0,11	0,20±0,11	0,20±0,11
Ca 10 ⁻³ %	4,40±0,14*	2,40±0,14	2,00±0,00	1,60±0,14	0,60±0,14	0,80±0,11*	2,20±0,11*	1,00±0,00	0,20±0,11	0,80±0,11*
Mg 10 ⁻² %	3,27±0,12	2,47±0,14*	1,73±0,12*	1,33±0,13	0,67±0,13	0,53±0,14*	1,73±0,12	1,07±0,07	0,20±0,11	0,13±0,09
Mg 10 ⁻³ %	3,40±0,14	2,20±0,11	2,53±0,14	1,13±0,09*	0,47±0,14	0,20±0,11*	1,27±0,16*	0,93±0,07	0,40±0,17	0,27±0,12
Fe 10 ⁻³ %	3,60±0,14	1,80±0,11	2,20±0,11	1,40±0,14	1,00±0,00*	0,00±0,00*	1,20±0,11*	1,00±0,00	0,00±0,00*	0,33±0,13
Fe 10 ⁻⁴ %	3,40±0,14	1,80±0,11	2,00±0,00	1,20±0,11	1,00±0,00*	0,20±0,11*	1,40±0,14	1,00±0,00	0,20±0,11	0,60±0,14
Mn 10 ⁻³ %	3,53±0,14	1,53±0,14*	1,67±0,13*	1,27±0,12	0,93±0,07	1,33±0,22	1,67±0,13	1,27±0,12	0,00±0,00*	0,53±0,14
Mn 10 ⁻⁴ %	3,27±0,12	2,27±0,12	2,40±0,14	1,13±0,14*	1,27±0,12*	1,13±0,09*	2,33±0,13*	0,87±0,09	0,13±0,09	0,53±0,14
Zn 10 ⁻⁴ %	3,47±0,14	2,13±0,17	2,27±0,12	1,47±0,14	0,67±0,13	0,73±0,12*	1,67±0,16	0,93±0,12	0,40±0,14	0,47±0,14
Zn 10 ⁻⁵ %	3,73±0,12	2,27±0,12	2,40±0,14	1,73±0,12	0,47±0,14	0,67±0,13*	1,73±0,12	0,60±0,14	0,27±0,12	0,20±0,11
Cu 10 ⁻⁴ %	3,53±0,14	2,00±0,17	2,60±0,14*	1,67±0,13	0,93±0,07	0,20±0,11*	1,73±0,12	1,33±0,13	0,40±0,14	0,53±0,14
Cu 10 ⁻⁵ %	3,87±0,09	1,93±0,21	2,27±0,12	1,20±0,11	0,80±0,11	0,40±0,14*	1,53±0,14	0,80±0,11	0,47±0,14	0,33±0,13
Se 10 ⁻⁵ %	4,13±0,09*	1,47±0,14*	2,40±0,14	1,33±0,13	0,87±0,09	0,60±0,14*	2,53±0,14*	0,87±0,09	0,27±0,12	0,47±0,14
Se 10 ⁻⁶ %	3,80±0,11	1,73±0,12*	1,93±0,16	1,33±0,13	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,80±0,21	0,87±0,09	0,33±0,13	0,27±0,12
МД 10 ⁻² %	3,60±0,20	2,33±0,16	2,27±0,12	1,60±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,40±0,14	0,87±0,09	1,00±0,17*	0,27±0,12
МД 10 ⁻³ %	3,47±0,14	1,80±0,21	2,47±0,14	1,93±0,19	0,73±0,12	1,00±0,17*	2,00±0,17	1,33±0,13	1,13±0,20*	0,47±0,14
A 10 ⁻² %	3,40±0,14	1,47±0,14*	2,73±0,12*	0,87±0,09*	0,33±0,13	0,00±0,00*	1,33±0,13*	0,87±0,09	0,00±0,00*	0,00±0,00*
A 10 ⁻³ %	3,67±0,13	1,67±0,13	2,47±0,14	1,13±0,09*	0,87±0,09	0,93±0,16*	1,67±0,13	0,93±0,07	0,27±0,12	1,07±0,19*
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
Контроль	3,33±0,16	1,93±0,16	2,73±0,12	1,40±0,20	0,87±0,20	0,40±0,14	1,60±0,14	1,00±0,17	0,20±0,11	0,53±0,14
Ca 10 ⁻² %	3,40±0,14	2,00±0,00	2,00±0,00*	1,40±0,14	0,80±0,11	0,40±0,14	1,60±0,14	1,00±0,00	0,40±0,14	0,20±0,11
Ca 10 ⁻³ %	2,40±0,14*	2,20±0,21	3,20±0,11*	1,20±0,11	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,00±0,00*	1,00±0,00	0,40±0,14	0,60±0,14
Mg 10 ⁻² %	3,47±0,14	1,93±0,12	2,47±0,14	1,07±0,07	0,67±0,07	0,73±0,12	1,73±0,12	0,93±0,07	0,33±0,13	0,20±0,11
Mg 10 ⁻³ %	3,47±0,14	2,27±0,12	2,80±0,11	1,27±0,12	0,53±0,14	0,47±0,14	2,07±0,19	1,00±0,10	0,13±0,09	0,00±0,00*

Продовження табл. В.3

Fe 10 ⁻³ %	3,60±0,14	2,00±0,17	2,20±0,11*	1,40±0,14	0,93±0,16	0,20±0,11	1,20±0,11*	0,87±0,09	0,20±0,11	0,80±0,11
Fe 10 ⁻⁴ %	3,80±0,11*	1,40±0,14*	2,20±0,11*	1,40±0,14	0,80±0,11	0,67±0,13	1,60±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00	0,67±0,13
Mn 10 ⁻³ %	2,47±0,14*	1,20±0,11*	2,67±0,16	0,87±0,14*	0,33±0,13*	0,40±0,14	1,33±0,13	1,07±0,07	0,27±0,12	0,40±0,14
Mn 10 ⁻⁴ %	2,60±0,14*	1,13±0,09*	3,20±0,21	1,00±0,17	0,33±0,13*	0,40±0,14	1,60±0,22	1,20±0,11	0,27±0,16	0,20±0,11
Zn 10 ⁻⁴ %	3,60±0,14	1,27±0,12*	1,93±0,07*	1,20±0,11	0,87±0,09	0,20±0,11	1,67±0,13	1,07±0,12	0,27±0,16	0,60±0,14
Zn 10 ⁻⁵ %	3,27±0,12	1,33±0,16*	1,87±0,09*	1,07±0,07	0,60±0,14	0,33±0,13	1,13±0,09*	1,00±0,10	0,20±0,11	0,53±0,14
Cu 10 ⁻⁴ %	3,73±0,12	1,87±0,09	2,40±0,14	1,53±0,14	0,67±0,13	0,00±0,00*	1,60±0,14	0,80±0,11	0,33±0,13	0,13±0,09*
Cu 10 ⁻⁵ %	3,73±0,12	1,67±0,13	2,33±0,13	1,47±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,80±0,11	0,73±0,12	0,27±0,12	0,13±0,09*
Se 10 ⁻⁵ %	3,77±0,13	2,20±0,21	2,60±0,22	1,93±0,16*	1,00±0,17	0,00±0,00*	1,47±0,14	1,20±0,11	0,87±0,20*	0,60±0,14
Se 10 ⁻⁶ %	3,67±0,13	2,13±0,20	2,33±0,13*	1,73±0,19	0,67±0,13	0,00±0,00*	1,53±0,14	1,13±0,09	1,60±0,16*	0,47±0,14
МД 10 ⁻² %	3,47±0,14	1,47±0,14*	2,73±0,12	1,13±0,09	0,60±0,14	0,00±0,00*	1,60±0,14	0,87±0,09	0,47±0,14	0,47±0,14
МД 10 ⁻³ %	3,53±0,14	2,00±0,17	2,53±0,14	1,33±0,13	0,40±0,14	0,00±0,00*	2,00±0,17	1,13±0,09	0,80±0,11*	0,00±0,00*
A 10 ⁻² %	3,47±0,14	1,67±0,13	2,60±0,14	1,40±0,14	0,53±0,14	0,00±0,00*	1,73±0,12	0,93±0,07	0,27±0,12	0,33±0,13
A 10 ⁻³ %	3,53±0,14	2,00±0,17	2,47±0,14	1,27±0,12	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,20±0,11*	0,80±0,11	0,27±0,12	0,13±0,09*
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535										
Контроль	3,80±0,18	1,73±0,21	2,60±0,14	1,33±0,13	0,67±0,13	1,00±0,17	1,67±0,13	1,00±0,17	0,27±0,12	0,60±0,17
Ca 10 ⁻² %	4,40±0,14*	1,80±0,11	2,40±0,14	1,40±0,14	0,60±0,14	1,20±0,11	2,80±0,11*	1,20±0,11	0,00±0,00*	0,60±0,14
Ca 10 ⁻³ %	4,20±0,11	2,00±0,17	2,20±0,11*	1,60±0,14	0,80±0,21	1,40±0,14	2,40±0,14*	1,00±0,00	0,00±0,00*	0,40±0,14
Mg 10 ⁻² %	3,80±0,11	2,07±0,19	2,27±0,12	1,33±0,13	0,73±0,16	0,53±0,14*	1,67±0,13	1,27±0,12	0,33±0,19	0,27±0,12
Mg 10 ⁻³ %	3,53±0,14	2,27±0,19	2,33±0,16	1,27±0,12	0,53±0,14	0,80±0,11	2,27±0,12*	0,93±0,07	0,40±0,17	0,00±0,00*
Fe 10 ⁻³ %	4,40±0,14*	1,60±0,14	2,60±0,14	1,80±0,11*	1,20±0,11*	0,40±0,14*	1,80±0,11	1,20±0,11	0,00±0,00*	0,73±0,12
Fe 10 ⁻⁴ %	3,80±0,11	1,00±0,17*	3,07±0,19*	1,60±0,14	0,80±0,11	0,40±0,14*	1,93±0,16	0,73±0,12	0,00±0,00*	0,80±0,11
Mn 10 ⁻³ %	3,00±0,17*	1,40±0,22	3,13±0,14*	1,07±0,07	0,53±0,14	0,20±0,11*	1,00±0,17*	0,93±0,07	0,27±0,12	0,60±0,14
Mn 10 ⁻⁴ %	3,20±0,21*	1,40±0,14	2,53±0,14	1,13±0,09	0,60±0,14	0,13±0,09*	1,60±0,14	0,87±0,09	0,13±0,09	0,80±0,11
Zn 10 ⁻⁴ %	3,27±0,19	1,73±0,12	3,00±0,20	1,20±0,11	0,20±0,11*	0,73±0,12	2,27±0,12*	1,20±0,11	0,20±0,11	0,00±0,00*
Zn 10 ⁻⁵ %	3,27±0,12*	1,87±0,09	2,07±0,07*	1,27±0,12	0,47±0,14	1,00±0,20	2,07±0,07*	0,53±0,14*	0,73±0,12*	0,00±0,00*
Cu 10 ⁻⁴ %	3,53±0,14	1,13±0,09*	2,73±0,12	1,33±0,13	0,67±0,13	0,47±0,14*	1,33±0,13	0,73±0,12	0,47±0,14	0,40±0,14
Cu 10 ⁻⁵ %	3,47±0,14	1,27±0,12	3,13±0,09*	1,33±0,13	0,60±0,14	0,00±0,00*	0,73±0,12*	0,87±0,09	0,40±0,14	0,27±0,12
Se 10 ⁻⁵ %	4,47±0,14*	2,00±0,20	2,53±0,14	1,73±0,12*	1,27±0,12*	0,13±0,09*	2,20±0,18*	1,27±0,12	0,47±0,14	0,53±0,14
Se 10 ⁻⁶ %	4,07±0,16	1,67±0,13	2,87±0,17	1,47±0,14	0,47±0,14	0,00±0,00*	1,80±0,18	0,87±0,09	0,33±0,13	0,47±0,14

Продовження табл. В.3

МД 10^{-2} %	3,87±0,09	1,53±0,20	3,00±0,17	1,27±0,12	0,27±0,12*	0,13±0,09*	1,67±0,13	1,07±0,07	0,93±0,19*	0,33±0,13
МД 10^{-3} %	3,20±0,11	1,47±0,14	3,53±0,14*	0,73±0,12*	0,20±0,11*	0,40±0,14*	2,00±0,17	0,87±0,09	0,00±0,00*	0,00±0,00*
А 10^{-2} %	3,80±0,21	1,47±0,14	3,40±0,14*	1,27±0,12	0,67±0,13	0,00±0,00*	1,53±0,14	0,93±0,07	0,20±0,11	0,33±0,13
А 10^{-3} %	3,67±0,13	1,13±0,09*	3,27±0,12*	0,87±0,09*	0,00±0,00*	0,00±0,00*	1,33±0,13	0,87±0,09	0,00±0,00*	0,00±0,00*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$

Таблиця В.4. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів гриба *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з мінеральними добавками

Мінеральна добавка	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
Контроль	3,07±0,16	2,27±0,16	2,40±0,14	1,47±0,14	0,87±0,14	0,93±0,19	1,60±0,14	1,07±0,16	0,87±0,09	0,47±0,14
Ca 10 ⁻² %	4,00±0,17*	2,40±0,14	2,40±0,14	1,60±0,14	0,80±0,11	1,00±0,24	2,40±0,14*	1,20±0,11	0,40±0,14*	0,80±0,11
Ca 10 ⁻³ %	3,40±0,14	2,40±0,14	2,60±0,14	1,40±0,14	0,60±0,14	0,40±0,14*	1,20±0,11*	1,00±0,00	0,40±0,14*	0,80±0,11
Mg 10 ⁻² %	2,67±0,13	2,53±0,14	2,07±0,12	1,53±0,14	0,67±0,13	0,27±0,12*	2,33±0,13*	0,93±0,07	0,53±0,24	0,00±0,00*
Mg 10 ⁻³ %	2,33±0,13*	2,20±0,18	2,40±0,14	1,73±0,12	0,87±0,09	0,47±0,14	2,00±0,20	1,07±0,12	0,93±0,19	0,20±0,11
Fe 10 ⁻³ %	3,40±0,14	1,93±0,19	2,60±0,14	1,40±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,27±0,12	0,80±0,11	0,67±0,16	0,80±0,11
Fe 10 ⁻⁴ %	3,00±0,17	1,87±0,17*	2,47±0,14	1,47±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,20±0,21	0,73±0,12	0,47±0,14*	0,60±0,14
Mn 10 ⁻³ %	2,27±0,12*	1,53±0,14*	3,27±0,12*	1,47±0,14	0,73±0,12	1,53±0,14*	1,87±0,09	1,47±0,14	0,20±0,11*	0,47±0,14
Mn 10 ⁻⁴ %	3,00±0,14	1,60±0,14*	1,73±0,12*	1,27±0,12	1,00±0,20	3,53±0,14*	2,47±0,14*	1,27±0,12	0,00±0,00*	1,20±0,11*
Zn 10 ⁻⁴ %	2,53±0,14*	1,93±0,19	2,33±0,16	1,20±0,11	0,40±0,14*	0,27±0,12*	1,47±0,14	1,20±0,11	0,27±0,12*	0,67±0,13
Zn 10 ⁻⁵ %	2,73±0,12	2,33±0,13	2,47±0,14	1,47±0,17	0,40±0,14*	0,47±0,14	1,27±0,12	1,07±0,07	1,27±0,23	0,27±0,12
Cu 10 ⁻⁴ %	2,87±0,09	1,87±0,20	3,27±0,12*	1,47±0,14	0,93±0,07	0,20±0,11*	1,73±0,19	1,40±0,14	0,67±0,19	0,80±0,11
Cu 10 ⁻⁵ %	3,07±0,16	2,27±0,19	2,60±0,14	2,00±0,17*	0,80±0,11	0,27±0,12*	1,33±0,13	1,20±0,11	0,87±0,09	0,60±0,14
Se 10 ⁻⁵ %	3,27±0,12	3,07±0,16*	2,33±0,13	2,27±0,21*	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,47±0,14	0,87±0,09	2,33±0,13*	0,27±0,12
Se 10 ⁻⁶ %	3,27±0,12	2,47±0,14	2,13±0,09	1,73±0,19	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,20±0,11*	1,00±0,00	1,80±0,21*	0,13±0,09
МД 10 ⁻² %	3,53±0,14*	2,20±0,15	2,53±0,14	1,53±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,33±0,13	0,87±0,09	1,47±0,14*	0,47±0,14
МД 10 ⁻³ %	3,33±0,13	1,93±0,19	2,47±0,14	1,47±0,14	1,33±0,13*	0,00±0,00*	1,67±0,13	1,27±0,12	0,60±0,14	0,73±0,12
A 10 ⁻² %	3,13±0,09	2,07±0,19	2,33±0,13	1,27±0,12	0,87±0,09	0,33±0,13*	1,40±0,14	1,27±0,12	1,00±0,20	0,53±0,14
A 10 ⁻³ %	3,20±0,11	2,27±0,12	2,40±0,20	1,53±0,14	0,60±0,14	0,00±0,00*	1,20±0,11*	0,73±0,12	1,07±0,19	0,33±0,13
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
Контроль	2,80±0,21	2,33±0,16	2,47±0,14	1,73±0,12	1,00±0,14	0,47±0,14	1,73±0,19	1,20±0,21	0,80±0,11	0,47±0,14
Ca 10 ⁻² %	3,40±0,22	1,80±0,11*	2,40±0,14	1,60±0,14	0,80±0,11	0,40±0,14	2,00±0,24	1,00±0,00	0,40±0,14*	0,20±0,11
Ca 10 ⁻³ %	2,60±0,22	2,40±0,24	2,20±0,11	1,80±0,11	0,40±0,14*	0,00±0,00*	1,00±0,17*	1,00±0,00	1,40±0,14*	0,00±0,00*
Mg 10 ⁻² %	2,27±0,12*	3,73±0,16*	2,53±0,14	2,27±0,12*	1,53±0,14*	0,00±0,00*	1,13±0,09*	1,07±0,07	1,73±0,12*	0,53±0,14
Mg 10 ⁻³ %	3,27±0,12	2,20±0,11	2,53±0,14	1,53±0,14	0,73±0,12	0,27±0,12	1,80±0,11	1,27±0,12	0,73±0,12	0,00±0,00*

Продовження табл. В.4

Fe 10 ⁻³ %	3,20±0,11	2,33±0,19	2,40±0,16	1,60±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,20±0,11*	1,20±0,11	0,93±0,16	0,60±0,14
Fe 10 ⁻⁴ %	3,00±0,17	1,60±0,14*	2,40±0,14	1,60±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,40±0,14	0,73±0,12	0,20±0,11*	0,60±0,14
Mn 10 ⁻³ %	2,87±0,09	1,13±0,09*	2,20±0,11	1,27±0,12*	1,00±0,17	3,40±0,22*	2,20±0,21	1,27±0,12	0,53±0,20	1,20±0,11*
Mn 10 ⁻⁴ %	2,40±0,14	1,47±0,14*	2,20±0,11	1,13±0,09*	0,87±0,14	0,47±0,14	1,40±0,14	1,07±0,07	0,33±0,19*	0,40±0,14
Zn 10 ⁻⁴ %	2,27±0,12*	3,00±0,17*	2,40±0,14	2,53±0,14*	1,73±0,16*	0,20±0,11	1,40±0,22	1,87±0,09*	2,20±0,11*	1,27±0,16*
Zn 10 ⁻⁵ %	2,40±0,14	1,40±0,16*	2,73±0,16	1,00±0,17*	0,80±0,11	0,00±0,00*	1,20±0,15*	1,13±0,14	0,20±0,11*	0,87±0,14*
Cu 10 ⁻⁴ %	2,47±0,14	2,93±0,19*	2,47±0,14	2,60±0,14*	1,33±0,13	0,00±0,00*	1,27±0,12*	1,33±0,13	2,00±0,17*	0,40±0,14
Cu 10 ⁻⁵ %	3,07±0,16	1,93±0,19	2,47±0,14	1,33±0,13*	0,67±0,13	0,40±0,14	1,47±0,14	0,73±0,12	0,73±0,19	0,13±0,09
Se 10 ⁻⁵ %	3,13±0,09	3,00±0,17*	2,53±0,17	2,00±0,20	0,87±0,20	0,00±0,00*	1,27±0,12*	1,33±0,13	2,20±0,18*	0,47±0,14
Se 10 ⁻⁶ %	3,33±0,13*	2,33±0,19	2,47±0,14	1,53±0,14	0,93±0,19	0,00±0,00*	1,73±0,12	1,27±0,12	1,07±0,16	0,33±0,13
МД 10 ⁻² %	3,27±0,19	2,20±0,18	2,13±0,09	2,00±0,17	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,33±0,13	1,27±0,12	1,27±0,19*	0,40±0,14
МД 10 ⁻³ %	3,00±0,17	2,73±0,12	2,47±0,14	1,33±0,13*	0,60±0,14	0,20±0,11	2,00±0,17	1,07±0,07	0,40±0,14*	0,40±0,14
A 10 ⁻² %	3,47±0,20*	1,60±0,14*	2,60±0,20	1,40±0,14	0,53±0,14*	0,00±0,00*	2,00±0,17	0,73±0,12	0,40±0,14*	0,13±0,09
A 10 ⁻³ %	2,80±0,21	2,00±0,17	2,67±0,13	1,60±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,80±0,21	0,93±0,07	0,40±0,14*	0,47±0,14
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535										
Контроль	3,13±0,14	2,47±0,14	2,60±0,14	2,07±0,16	1,00±0,14	0,60±0,14	1,33±0,13	1,33±0,13	1,47±0,14	0,80±0,11
Ca 10 ⁻² %	2,20±0,11*	2,20±0,11	2,40±0,14	1,80±0,11	0,60±0,14	0,00±0,00*	1,00±0,00*	1,20±0,11	0,80±0,11*	0,20±0,11*
Ca 10 ⁻³ %	2,60±0,22	2,20±0,11	2,80±0,11	2,00±0,17	1,40±0,14	0,20±0,11*	1,20±0,11	1,20±0,11	0,60±0,14*	0,80±0,11
Mg 10 ⁻² %	2,47±0,14*	2,33±0,22	2,73±0,12	1,80±0,23	0,93±0,07	1,00±0,20	1,20±0,11	1,27±0,12	0,53±0,14*	0,20±0,11*
Mg 10 ⁻³ %	2,47±0,14*	2,33±0,16	2,47±0,17	1,87±0,14	1,80±0,11*	2,33±0,22*	2,27±0,12*	1,27±0,12	0,20±0,11*	1,20±0,15*
Fe 10 ⁻³ %	4,20±0,11*	2,07±0,19	2,80±0,11	2,80±0,11*	1,20±0,11	1,00±0,17	1,73±0,12*	1,60±0,14	0,60±0,14*	1,00±0,17
Fe 10 ⁻⁴ %	3,60±0,14*	2,00±0,17*	2,60±0,14	1,80±0,11	1,00±0,17	0,20±0,11*	1,40±0,14	1,00±0,17	0,20±0,11*	0,60±0,14
Mn 10 ⁻³ %	2,47±0,20*	2,67±0,16	2,40±0,14	2,53±0,14*	1,80±0,11*	0,40±0,14	1,13±0,20	1,53±0,17	1,60±0,23	1,20±0,11*
Mn 10 ⁻⁴ %	2,53±0,17*	1,80±0,21*	3,27±0,16*	1,80±0,11	1,07±0,16	0,20±0,11*	1,27±0,12	1,20±0,11	0,67±0,16*	0,87±0,09
Zn 10 ⁻⁴ %	2,27±0,12*	2,93±0,19	2,27±0,13	1,73±0,12	1,00±0,00	0,27±0,12	1,00±0,00*	1,27±0,12	0,93±0,19*	0,47±0,14
Zn 10 ⁻⁵ %	2,53±0,14*	3,47±0,14*	2,53±0,14	2,27±0,12	1,73±0,12*	0,53±0,14	1,53±0,14	1,73±0,12*	1,47±0,14	1,47±0,14
Cu 10 ⁻⁴ %	3,07±0,19	1,87±0,17*	2,87±0,20	1,67±0,13	1,20±0,18	0,00±0,00*	1,13±0,09	1,33±0,13	0,20±0,11*	1,27±0,12*
Cu 10 ⁻⁵ %	3,47±0,20	1,93±0,19*	2,53±0,14	1,47±0,14*	0,60±0,14	0,00±0,00*	1,47±0,14	1,07±0,07	0,27±0,12*	0,33±0,13*
Se 10 ⁻⁵ %	3,13±0,09	2,47±0,17	2,27±0,12	1,73±0,12	1,33±0,13	0,00±0,00*	2,07±0,19*	1,27±0,12	1,13±0,17	0,47±0,14
Se 10 ⁻⁶ %	3,53±0,14*	2,80±0,21	2,13±0,09*	1,67±0,13	0,67±0,13	0,00±0,00	1,53±0,14	0,87±0,09*	1,73±0,12	0,13±0,09*

Продовження табл. В.4

МД 10^{-2} %	3,27±0,12	1,53±0,14*	3,00±0,17	1,33±0,13*	0,27±0,12*	0,00±0,00*	1,93±0,19*	1,07±0,07	0,47±0,14*	0,00±0,00*
МД 10^{-3} %	3,13±0,09	2,87±0,20	2,53±0,14	2,00±0,17	0,60±0,14	0,13±0,09*	1,53±0,14	1,27±0,12	1,93±0,19	0,67±0,19
А 10^{-2} %	3,07±0,16	1,93±0,19*	2,67±0,13	2,07±0,16	0,87±0,09	0,27±0,12	1,13±0,09	1,40±0,14	0,67±0,19*	0,53±0,14
А 10^{-3} %	3,47±0,14	2,87±0,20	2,33±0,13	2,07±0,16	0,73±0,12	0,00±0,00*	1,07±0,07	1,07±0,16	1,80±0,21	0,20±0,11*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$

Таблиця В.5. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками рослинних олій

Варіант субстрату		Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
		Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
Соняшникове лушпиння	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-549										
	Контроль	3,27±0,12	1,93±0,21	2,87±0,17	1,80±0,11	0,47±0,14	0,13±0,09	1,60±0,20	1,40±0,14	0,67±0,13	0,00±0,00
	СО 1%	4,20±0,15*	2,07±0,12	2,33±0,13*	2,60±0,14*	1,27±0,12*	0,40±0,14	2,33±0,13*	1,53±0,17	1,13±0,20	1,13±0,14*
	СО 5%	3,73±0,16*	1,60±0,14	2,33±0,19*	2,33±0,19*	1,00±0,10*	0,47±0,14	2,20±0,11*	1,33±0,13	1,20±0,21*	0,93±0,07*
	КО 1%	3,80±0,21*	2,80±0,11*	3,13±0,09	3,93±0,12*	1,67±0,13*	0,00±0,00	1,73±0,19	2,13±0,09*	1,40±0,14*	1,00±0,14*
	КО 5%	3,60±0,14	2,67±0,13*	2,80±0,21	3,80±0,11*	1,60±0,14*	0,00±0,00	1,73±0,12	1,87±0,09*	1,47±0,22*	0,73±0,12*
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551										
	Контроль	2,87±0,17	2,20±0,18	2,67±0,16	1,20±0,21	0,13±0,09	0,00±0,00	1,47±0,14	0,87±0,09	0,60±0,14	0,00±0,00
	СО 1%	3,93±0,19*	2,33±0,22	2,93±0,16	1,73±0,12*	0,80±0,11*	0,00±0,00	2,27±0,12*	1,13±0,09	0,67±0,13	0,40±0,14*
	СО 5%	3,40±0,20	2,53±0,14	2,00±0,17*	1,60±0,14	0,53±0,14*	0,00±0,00	2,20±0,11*	1,33±0,13*	0,60±0,14	0,20±0,11
	КО 1%	4,33±0,13*	3,00±0,14*	2,73±0,16	2,87±0,20*	0,47±0,14	0,00±0,00	2,13±0,09*	1,07±0,16	1,40±0,14*	0,20±0,11
	КО 5%	3,93±0,12*	3,13±0,20*	2,40±0,14	2,80±0,21*	0,40±0,14	0,00±0,00	1,87±0,09*	0,87±0,09	1,53±0,14*	0,27±0,12*
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535										
	Контроль	3,20±0,11	2,20±0,21	2,93±0,19	1,60±0,14	0,60±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12	1,07±0,16	0,80±0,11	0,27±0,12
	СО 1%	4,13±0,17*	2,40±0,22	3,13±0,17	2,60±0,14*	0,73±0,12	0,20±0,11	1,87±0,09	1,40±0,14	1,20±0,21	0,80±0,18*
	СО 5%	4,20±0,18*	2,27±0,19	2,73±0,21	2,80±0,11*	0,67±0,13	0,47±0,20*	1,93±0,16	1,53±0,14*	1,00±0,17	0,20±0,11
	КО 1%	4,40±0,17*	2,27±0,12	3,87±0,09*	3,00±0,17*	1,07±0,12*	0,47±0,17*	2,13±0,09*	1,93±0,19*	1,00±0,17	1,13±0,20*
	КО 5%	3,80±0,21*	2,47±0,20	3,33±0,16	3,20±0,11*	0,93±0,07*	0,00±0,00	1,93±0,12	1,80±0,11*	0,80±0,21	0,80±0,11*

Продовження табл. В.5

Солома ячменю	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549										
	Контроль	3,07±0,19	2,47±0,14	2,40±0,14	2,13±0,17	0,80±0,11	0,00±0,00	1,20±0,18	1,33±0,13	1,07±0,16	0,27±0,12
	СО 1%	3,87±0,20*	2,47±0,14	2,47±0,14	2,40±0,14	1,07±0,07	0,27±0,12*	1,40±0,14	1,33±0,13	0,80±0,21	0,80±0,11*
	СО 5%	3,40±0,14	1,93±0,19*	2,80±0,18	2,60±0,20	1,33±0,13*	0,40±0,14*	1,67±0,13*	1,53±0,17	0,80±0,11	1,47±0,14*
	КО 1%	4,27±0,19*	2,73±0,12	2,60±0,14	3,20±0,11*	1,00±0,10	0,00±0,00	1,80±0,11*	1,87±0,09*	1,40±0,14	0,93±0,07*
	КО 5%	4,07±0,19*	2,67±0,13	2,53±0,20	3,40±0,14*	1,27±0,12*	0,00±0,00	1,73±0,12*	1,80±0,11*	1,40±0,22	0,60±0,14
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551										
	Контроль	2,67±0,16	2,33±0,16	2,60±0,14	1,40±0,20	0,53±0,14	0,00±0,00	1,27±0,12	1,73±0,12	0,80±0,21	0,53±0,14
	СО 1%	4,07±0,16*	2,07±0,16	2,73±0,12	1,60±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00	2,27±0,12*	1,47±0,14	0,53±0,14	0,60±0,14
	СО 5%	3,53±0,17*	2,33±0,22	2,67±0,13	1,80±0,21	0,73±0,12	0,00±0,00	2,20±0,21*	1,53±0,14	1,00±0,17	0,80±0,21
	КО 1%	4,13±0,14*	3,20±0,21*	2,67±0,13	2,87±0,14*	0,60±0,14	0,00±0,00	2,00±0,17*	1,27±0,12*	1,47±0,14*	0,00±0,00*
	КО 5%	3,87±0,20*	3,00±0,17*	2,60±0,14	3,33±0,13*	1,20±0,21*	0,00±0,00	1,80±0,11*	1,67±0,13	1,73±0,12*	0,53±0,14
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535										
	Контроль	3,00±0,14	2,40±0,17	2,60±0,14	1,87±0,17	0,67±0,19	0,00±0,00	1,40±0,14	1,20±0,11	1,00±0,17	0,00±0,00
	СО 1%	4,13±0,09*	2,73±0,16	2,53±0,20	2,00±0,17	0,60±0,14	0,20±0,11	1,87±0,09*	1,27±0,12	1,40±0,14	0,33±0,13
	СО 5%	4,47±0,14*	2,20±0,21	2,67±0,22	3,00±0,17*	1,07±0,19	0,40±0,14*	2,33±0,13*	1,67±0,13*	0,87±0,17	1,27±0,21*
	КО 1%	4,20±0,11*	2,73±0,21	2,80±0,15	2,73±0,19*	1,00±0,17	0,00±0,00	2,20±0,21*	1,60±0,14*	1,13±0,09	0,67±0,13*
	КО 5%	4,00±0,17*	2,47±0,14	3,27±0,12*	3,20±0,15*	1,67±0,13*	0,00±0,00	2,07±0,07*	1,73±0,12*	1,07±0,07	0,80±0,11*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$; СО – соняшникова олія; КО – кукурудзяна олія

Таблиця В.6. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з комплексними добавками

Варіант субстрату	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам ІВК-549									
Контроль	3,27±0,12	1,93±0,21	2,87±0,17	1,80±0,11	0,47±0,14	0,13±0,09	1,60±0,20	1,40±0,14	0,67±0,13	0,00±0,00
КЛ 1%	3,40±0,14	2,00±0,17	2,40±0,14*	2,07±0,17	0,80±0,11	0,00±0,00	1,40±0,14	1,20±0,11	1,00±0,17	0,40±0,14*
КЛ 5%	3,20±0,21	2,20±0,18	2,27±0,12*	1,67±0,19	0,67±0,13	0,00±0,00	1,73±0,19	1,40±0,14	0,80±0,21	0,60±0,14*
ПВ 1%	3,67±0,13*	1,80±0,11	3,40±0,22	1,47±0,14	1,13±0,09*	0,87±0,20*	2,73±0,12*	1,53±0,14	0,40±0,14	1,27±0,12*
ПВ 5%	3,07±0,12	1,67±0,13	2,60±0,14	1,20±0,11*	0,33±0,16	0,00±0,00	1,27±0,12	1,00±0,10*	0,47±0,14	0,27±0,12*
СЖ 1%	4,20±0,11*	2,93±0,19*	2,80±0,11	2,60±0,14*	0,53±0,16	0,00±0,00	1,87±0,09	1,00±0,00*	1,20±0,11*	0,00±0,00
СЖ 5%	4,33±0,13*	2,87±0,09*	2,60±0,14	2,27±0,19*	0,27±0,12	0,00±0,00	2,33±0,13*	0,93±0,12*	1,27±0,12*	0,00±0,00
СБ 1%	3,60±0,14	2,47±0,14*	3,20±0,11	1,80±0,11	0,33±0,13	0,00±0,00	1,73±0,19	1,00±0,10*	0,80±0,11	0,00±0,00
СБ 5%	3,87±0,20*	2,73±0,12*	3,20±0,21	1,73±0,12	0,47±0,14	0,00±0,00	1,60±0,14	1,07±0,07*	1,20±0,18*	0,00±0,00
КД 1%	3,47±0,14	1,87±0,09	2,53±0,14	2,07±0,12	0,87±0,09*	0,00±0,00	2,00±0,09	1,27±0,12	0,60±0,14	0,73±0,12*
КД 5%	3,73±0,16*	2,00±0,10	2,60±0,14	1,80±0,11	0,80±0,11	0,00±0,00	2,40±0,14*	1,33±0,13	1,00±0,17	0,67±0,13*
ТД 1%	3,93±0,16*	1,73±0,12	2,87±0,09	1,47±0,14	0,73±0,12	0,00±0,00	2,53±0,14*	1,07±0,07*	1,13±0,09*	0,53±0,14*
ТД 5%	3,53±0,20	1,87±0,09	3,47±0,14*	1,60±0,14	0,60±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12	1,27±0,12	1,07±0,07*	0,33±0,13*
МС 1%	3,53±0,14	1,93±0,19	3,13±0,20	2,67±0,13*	0,80±0,21	0,00±0,00	1,87±0,09	2,20±0,11*	0,67±0,13	0,60±0,14*
МС 5%	3,67±0,13*	2,27±0,16	2,67±0,16	2,27±0,12*	0,60±0,17	0,00±0,00	2,20±0,15*	1,67±0,22	0,60±0,14	0,47±0,14*
ДЕ 10 ⁻² %	4,27±0,12*	2,33±0,13	3,60±0,14*	3,07±0,12*	0,80±0,21	0,00±0,00	1,80±0,11	1,47±0,14	1,13±0,09*	0,27±0,12*
ДЕ 10 ⁻³ %	3,87±0,09*	2,07±0,12	3,73±0,12*	3,40±0,14*	1,00±0,17*	0,00±0,00	1,73±0,12	1,60±0,14	0,93±0,07	0,73±0,12*
ОБ	4,13±0,09*	2,20±0,21	2,53±0,14	2,47±0,20*	0,73±0,12	0,00±0,00	2,20±0,21*	1,53±0,14	1,33±0,13*	1,00±0,17*

Продовження табл. В.6

	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-551									
Контроль	2,87±0,17	2,20±0,18	2,67±0,16	1,20±0,21	0,13±0,09	0,00±0,00	1,47±0,14	0,87±0,09	0,60±0,14	0,00±0,00
КЛ 1%	3,33±0,19	2,20±0,11	2,00±0,17*	1,40±0,14	0,60±0,14*	0,00±0,00	1,60±0,14	0,80±0,21	1,00±0,00*	0,40±0,14*
КЛ 5%	3,47±0,17*	1,93±0,16	1,80±0,11*	1,47±0,14	0,67±0,22*	0,00±0,00	1,40±0,22	0,93±0,19	1,13±0,09*	0,27±0,12*
ПВ 1%	3,33±0,13*	1,80±0,11	2,20±0,11*	1,73±0,12*	0,53±0,14*	0,00±0,00	1,80±0,21	1,33±0,13*	0,80±0,11	0,80±0,21*
ПВ 5%	3,13±0,20	1,40±0,14*	3,33±0,13*	1,33±0,13	0,20±0,11	0,00±0,00	2,27±0,12*	1,20±0,15	0,67±0,13	0,40±0,14*
СЖ 1%	3,73±0,12*	2,47±0,14	3,33±0,13*	2,00±0,17*	0,47±0,14	0,00±0,00	1,87±0,14*	1,20±0,11*	1,07±0,12*	0,33±0,13*
СЖ 5%	3,53±0,14*	2,33±0,13	2,67±0,13	2,27±0,19*	0,60±0,14*	0,00±0,00	1,73±0,16	1,13±0,09	0,80±0,11	0,27±0,12*
СБ 1%	3,47±0,14*	2,60±0,14	3,53±0,14*	1,47±0,17	0,33±0,13	0,00±0,00	1,60±0,22	1,27±0,12*	1,13±0,20*	0,00±0,00
СБ 5%	3,53±0,17*	2,47±0,14	2,80±0,21	1,53±0,14	0,40±0,14	0,00±0,00	1,60±0,16	0,93±0,07	1,00±0,17	0,00±0,00
КД 1%	3,27±0,12	2,60±0,14	2,13±0,09*	1,60±0,22	0,40±0,14	0,00±0,00	2,47±0,14*	1,27±0,12*	1,00±0,17	0,40±0,14*
КД 5%	3,33±0,13*	2,47±0,14	2,53±0,14	1,67±0,22	0,53±0,17*	0,20±0,11	2,53±0,14*	1,40±0,14*	1,00±0,10*	0,67±0,13*
ТД 1%	3,40±0,14*	1,73±0,12*	2,47±0,14	1,27±0,12	0,40±0,17	0,00±0,00	1,93±0,19	1,00±0,00	0,73±0,12	0,20±0,11
ТД 5%	3,27±0,19	2,27±0,12	2,93±0,16	1,33±0,13	0,47±0,14	0,00±0,00	2,00±0,20*	1,20±0,11*	0,67±0,16	0,53±0,14*
МС 1%	3,33±0,13*	2,00±0,24	3,07±0,16	2,00±0,17*	0,53±0,14*	0,00±0,00	1,80±0,11	1,20±0,11*	0,93±0,19	0,00±0,00
МС 5%	3,00±0,17	2,07±0,16	3,20±0,18*	1,27±0,12	0,40±0,14	0,00±0,00	1,87±0,17	1,53±0,14*	0,47±0,17	0,20±0,11
ДЕ 10 ⁻² %	3,73±0,19*	2,40±0,22	3,47±0,14*	2,47±0,14*	0,73±0,12*	0,00±0,00	1,67±0,13	1,73±0,12*	1,20±0,11*	0,53±0,14*
ДЕ 10 ⁻³ %	3,67±0,19*	2,40±0,14	2,87±0,09	2,53±0,14*	0,47±0,14	0,00±0,00	1,60±0,14	1,47±0,14*	1,27±0,12*	0,33±0,13*
ОБ	3,93±0,16*	2,00±0,17	3,27±0,21*	2,13±0,09*	0,87±0,09*	0,53±0,14*	2,67±0,13*	1,40±0,14*	0,80±0,11	0,87±0,09*
	<i>Pl. ostreatus</i> , штам IBK-1535									
Контроль	3,20±0,11	2,20±0,21	2,93±0,19	1,60±0,14	0,60±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12	1,07±0,16	0,80±0,11	0,27±0,12
КЛ 1%	3,80±0,15*	1,87±0,09	2,40±0,14*	1,73±0,21	0,60±0,14	0,00±0,00	1,93±0,19	1,33±0,13	1,27±0,12*	0,47±0,20
КЛ 5%	4,00±0,14*	1,80±0,11	2,53±0,14	1,80±0,21	0,67±0,13	0,00±0,00	2,20±0,21	1,20±0,11	1,07±0,26	0,40±0,17
ПВ 1%	3,47±0,14	2,40±0,14	2,27±0,12*	1,47±0,14	0,40±0,14	0,00±0,00	1,80±0,11	1,07±0,07	1,13±0,09*	0,20±0,11
ПВ 5%	2,87±0,14	1,47±0,14*	3,47±0,20	1,20±0,11*	0,73±0,21	0,33±0,13*	2,07±0,13	1,53±0,14*	0,47±0,14	0,60±0,20
СЖ 1%	4,13±0,17*	2,73±0,12*	3,53±0,14*	1,87±0,09	0,33±0,13	0,00±0,00	2,20±0,18*	1,13±0,09	1,27±0,12*	0,00±0,00*
СЖ 5%	3,93±0,19*	2,67±0,13	2,87±0,09	2,20±0,18*	0,47±0,14	0,00±0,00	2,00±0,17	1,20±0,11	1,07±0,07	0,20±0,11
СБ 1%	3,47±0,14	2,60±0,14	3,80±0,11*	2,00±0,17	0,40±0,14	0,00±0,00	1,60±0,14	1,47±0,14	0,93±0,07	0,27±0,12

Продовження табл. В.6

СБ 5%	3,33±0,13	2,40±0,20	3,87±0,09*	2,20±0,21*	0,53±0,14	0,00±0,00	1,80±0,11	1,80±0,21*	0,73±0,12	0,60±0,20
КД 1%	3,80±0,11*	2,27±0,12	2,47±0,14	2,00±0,17	0,80±0,11	0,40±0,14*	2,53±0,14*	1,67±0,16*	1,00±0,00	0,73±0,12*
КД 5%	3,67±0,13*	2,00±0,17	2,60±0,14	1,80±0,21	0,67±0,13	0,00±0,00	2,47±0,14*	1,20±0,11	1,13±0,09*	0,53±0,14
ТД 1%	3,80±0,18*	1,80±0,11	3,67±0,13*	1,53±0,14	0,27±0,12	0,00±0,00	1,53±0,24	1,20±0,11	0,67±0,16	0,53±0,14
ТД 5%	3,33±0,16	1,73±0,16	3,87±0,09*	1,27±0,12	0,33±0,13	0,00±0,00	1,47±0,14	1,27±0,12	0,73±0,12	0,00±0,00*
МС 1%	3,73±0,16*	2,53±0,14	3,07±0,19	1,73±0,12	0,33±0,13	0,00±0,00	1,87±0,09	1,40±0,14	0,60±0,14	0,20±0,11
МС 5%	3,80±0,11*	2,33±0,13	2,93±0,19	1,93±0,19	0,40±0,14	0,00±0,00	2,00±0,14	1,20±0,11	1,07±0,16	0,20±0,11
ДЕ 10 ⁻² %	3,87±0,09*	2,33±0,13	3,60±0,14*	2,20±0,11*	0,47±0,14	0,00±0,00	2,07±0,07*	1,27±0,12	0,87±0,09	0,27±0,12
ДЕ 10 ⁻³ %	3,47±0,14	1,87±0,14	3,87±0,09*	2,00±0,10*	0,60±0,14	0,00±0,00	1,80±0,11	1,53±0,14*	0,93±0,07	0,67±0,13*
ОБ	3,33±0,13	2,27±0,12	2,47±0,14	2,73±0,12*	1,13±0,17*	0,33±0,13*	1,73±0,12	1,53±0,14*	0,73±0,12	1,20±0,15*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$; КЛ – кукурудзяне лушпиння, ПВ – пшеничні висівки, СЖ – солод житній, СБ – соєве борошно, КД – кора дуба, ТД – тирса деревна, МС – молочна сироватка, ДЕ – дріжджовий екстракт, ОБ – «Органічна біодобавка для грибів»

Таблиця В.7. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з комплексними добавками

Варіант субстрату	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
Контроль	3,07±0,19	2,47±0,14	2,40±0,14	2,13±0,17	0,80±0,11	0,00±0,00	1,20±0,18	1,33±0,13	1,07±0,16	0,27±0,12
КЛ 1%	3,13±0,09	1,87±0,09*	2,40±0,14	2,20±0,21	1,00±0,17	0,00±0,00	1,93±0,19*	1,07±0,16	0,80±0,21	0,53±0,14
КЛ 5%	3,20±0,11	1,60±0,14*	2,20±0,11	1,53±0,14	0,87±0,14	0,40±0,14*	2,33±0,19*	0,93±0,16	1,00±0,17	0,67±0,13*
ПВ 1%	3,07±0,12	1,67±0,13*	2,60±0,14	1,20±0,11*	0,33±0,16*	0,00±0,00	1,27±0,12	1,00±0,10	0,47±0,14*	0,27±0,12
ПВ 5%	3,60±0,14*	1,33±0,13*	2,27±0,16	1,13±0,14*	0,73±0,12	0,00±0,00	1,67±0,13*	1,07±0,07	0,93±0,12	0,33±0,13
СЖ 1%	3,93±0,19*	2,87±0,09*	3,13±0,20*	2,40±0,11	0,60±0,14	0,00±0,00	1,73±0,19	1,20±0,11	1,27±0,12	0,40±0,14
СЖ 5%	4,13±0,09*	2,80±0,11	3,20±0,18*	2,33±0,13	0,47±0,14	0,00±0,00	2,20±0,11*	1,27±0,12	1,20±0,11	0,13±0,09
СБ 1%	3,93±0,12*	2,80±0,11	2,60±0,22	1,67±0,13*	0,40±0,14*	0,00±0,00	1,53±0,14	1,27±0,12	1,20±0,11	0,00±0,00*
СБ 5%	4,13±0,09*	3,00±0,09*	2,53±0,14	1,80±0,21	0,27±0,12*	0,00±0,00	1,47±0,14	0,93±0,07*	1,27±0,12	0,27±0,12
КД 1%	3,33±0,19	2,40±0,14	2,33±0,13	1,93±0,16	0,73±0,12	0,20±0,11	3,13±0,09*	0,93±0,12*	0,80±0,11	1,13±0,09*
КД 5%	3,67±0,19*	2,27±0,12	2,73±0,12	1,87±0,20	0,87±0,09	0,40±0,20	2,67±0,13*	1,47±0,14	0,47±0,14*	1,00±0,17*
ТД 1%	3,33±0,13	2,20±0,11	2,27±0,12	1,80±0,11	0,80±0,11	0,00±0,00	1,93±0,19*	1,27±0,12	0,93±0,19	0,53±0,14
ТД 5%	3,67±0,13*	2,27±0,12	3,20±0,11*	1,53±0,14*	0,87±0,09	0,00±0,00	1,93±0,12*	1,07±0,12	1,13±0,09	0,53±0,14
МС 1%	3,27±0,12	2,33±0,16	2,40±0,14	1,87±0,20	0,53±0,14	0,00±0,00	1,93±0,16*	1,60±0,14	0,80±0,15	0,47±0,14
МС 5%	3,20±0,18	2,47±0,17	2,47±0,14	1,53±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00	1,53±0,14	1,67±0,16	0,53±0,17*	0,67±0,13*
ДЕ 10 ⁻² %	4,00±0,14*	2,67±0,13	3,00±0,17*	2,80±0,11*	1,00±0,17	0,00±0,00	1,80±0,21*	1,53±0,14	1,07±0,07	0,27±0,12
ДЕ 10 ⁻³ %	4,27±0,16*	2,60±0,14	2,87±0,09*	2,93±0,12*	1,27±0,12*	0,20±0,11	2,00±0,17*	1,40±0,14	1,13±0,09	0,33±0,13
ОБ	4,07±0,16*	2,00±0,17*	2,60±0,14	2,33±0,19	0,93±0,07	0,00±0,00	1,80±0,11*	1,67±0,13	0,80±0,11	1,13±0,09*
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
Контроль	2,67±0,16	2,33±0,16	2,60±0,14	1,40±0,20	0,53±0,14	0,00±0,00	1,27±0,12	1,73±0,12	0,80±0,21	0,53±0,14
КЛ 1%	2,93±0,12	1,67±0,13*	1,60±0,14*	1,40±0,14	0,73±0,16	0,00±0,00	1,53±0,20	1,00±0,17*	0,80±0,11	0,13±0,09*
КЛ 5%	3,47±0,14*	2,00±0,14	1,80±0,11*	1,47±0,14	0,60±0,20	0,00±0,00	1,60±0,16	1,13±0,09*	0,27±0,12	0,27±0,12

Продовження табл. В.7

ПВ 1%	3,53±0,14*	1,93±0,07*	2,67±0,13	1,00±0,10	0,20±0,11	0,00±0,00	1,73±0,16*	0,93±0,12*	1,27±0,12	0,27±0,12
ПВ 5%	3,60±0,14*	1,80±0,11*	2,73±0,12	1,20±0,11	0,27±0,12	0,00±0,00	1,93±0,07*	1,13±0,09*	0,80±0,11	0,33±0,13
СЖ 1%	3,53±0,14*	2,80±0,21	3,53±0,14*	1,87±0,09*	0,40±0,14	0,00±0,00	2,13±0,09*	1,07±0,07*	1,27±0,12	0,00±0,00*
СЖ 5%	3,60±0,14*	2,73±0,12	3,40±0,14*	2,00±0,17*	0,60±0,14	0,00±0,00	2,07±0,07*	1,20±0,11*	1,20±0,15	0,20±0,11
СБ 1%	3,73±0,12*	2,40±0,14	2,67±0,13	1,13±0,09	0,00±0,00*	0,00±0,00	1,07±0,07	1,00±0,00*	0,80±0,11	0,00±0,00*
СБ 5%	3,27±0,12*	2,47±0,14	2,73±0,19	1,60±0,22	0,53±0,14	0,00±0,00	1,13±0,09	1,47±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00*
КД 1%	2,87±0,20	2,53±0,14	2,60±0,14	1,53±0,14	0,80±0,21	0,00±0,00	1,80±0,18*	1,13±0,14*	1,00±0,17	0,93±0,12*
КД 5%	3,20±0,11*	2,33±0,13	2,47±0,14	1,60±0,22	0,67±0,22	0,00±0,00	2,13±0,14*	1,27±0,12*	1,13±0,09	0,47±0,14
ТД 1%	3,07±0,19	2,27±0,12	2,13±0,09*	1,47±0,14	0,80±0,11	0,27±0,12*	1,87±0,09*	1,07±0,07*	0,53±0,17	0,87±0,09
ТД 5%	3,60±0,14*	2,27±0,24	2,07±0,12*	1,20±0,11	0,47±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12*	1,13±0,09*	0,53±0,14	0,60±0,14
МС 1%	3,33±0,16*	2,27±0,19	2,93±0,12	1,33±0,13	0,33±0,13	0,00±0,00	1,73±0,12*	1,27±0,12*	0,73±0,16	0,00±0,00*
МС 5%	3,27±0,19*	2,27±0,24	2,40±0,14	1,40±0,22	0,20±0,11	0,00±0,00	1,13±0,09	1,33±0,13*	0,60±0,22	0,00±0,00*
ДЕ 10 ⁻² %	3,93±0,16*	2,53±0,14	2,80±0,11	3,00±0,17*	0,53±0,14	0,00±0,00	1,67±0,13*	1,53±0,14	1,07±0,07	0,53±0,14
ДЕ 10 ⁻³ %	4,47±0,14*	3,13±0,09*	2,47±0,14	2,67±0,13*	0,40±0,14	0,00±0,00	1,73±0,12*	1,13±0,09*	1,33±0,13*	0,00±0,00*
ОБ	3,73±0,12*	2,00±0,17	3,80±0,11*	1,93±0,19	0,73±0,12	0,00±0,00	1,73±0,12*	1,20±0,11*	0,40±0,14	0,73±0,12
<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535										
Контроль	3,00±0,14	2,40±0,17	2,60±0,14	1,87±0,17	0,67±0,19	0,00±0,00	1,40±0,14	1,20±0,11	1,00±0,17	0,00±0,00
КЛ 1%	3,40±0,14	1,93±0,12*	2,27±0,12	1,40±0,14*	0,47±0,14	0,00±0,00	2,00±0,17*	0,80±0,11*	1,00±0,10	0,00±0,00
КЛ 5%	3,73±0,12*	2,20±0,11	2,07±0,07*	1,80±0,21	0,60±0,14	0,00±0,00	1,80±0,21	1,20±0,11	1,27±0,12	0,20±0,11
ПВ 1%	3,20±0,21	2,33±0,13	2,13±0,09*	1,73±0,12	0,33±0,13	0,00±0,00	1,20±0,11	1,07±0,07	1,73±0,12*	0,00±0,00
ПВ 5%	3,47±0,14*	1,87±0,09*	2,07±0,12*	1,60±0,14	0,73±0,19	0,80±0,18*	1,93±0,12*	1,13±0,17	1,07±0,16	0,60±0,22*
СЖ 1%	3,47±0,14*	2,40±0,14	3,33±0,13*	2,47±0,14*	0,93±0,16	0,00±0,00	1,60±0,14	1,27±0,12	1,13±0,09	0,27±0,12*
СЖ 5%	3,53±0,20*	2,07±0,12	2,87±0,14	2,80±0,11*	1,13±0,09*	0,00±0,00	1,47±0,14	1,73±0,12*	1,00±0,10	0,73±0,12*
СБ 1%	3,33±0,13	2,93±0,07*	2,80±0,21	2,40±0,22	0,53±0,14	0,07±0,07	1,40±0,14	1,33±0,13	1,07±0,07	0,60±0,14*
СБ 5%	3,20±0,11	2,07±0,16	3,67±0,13*	2,00±0,17	0,67±0,13	0,00±0,00	1,13±0,09	1,47±0,14	1,13±0,09	0,53±0,20*
КД 1%	3,20±0,15	2,40±0,14	2,20±0,11*	1,40±0,20	0,60±0,14	0,00±0,00	2,07±0,12*	1,20±0,11	0,93±0,16	0,33±0,13*
КД 5%	3,27±0,16	1,93±0,07*	2,60±0,14	1,47±0,14	0,53±0,14	0,00±0,00	2,00±0,17*	1,33±0,13	0,60±0,14	0,40±0,14*
ТД 1%	3,47±0,14*	1,47±0,14*	3,07±0,16*	1,40±0,14*	0,20±0,11*	0,27±0,12*	1,87±0,17*	1,33±0,13	0,80±0,11	0,73±0,12*
ТД 5%	3,67±0,16*	1,53±0,14*	3,27±0,12*	1,27±0,12*	0,33±0,13	0,20±0,11	2,00±0,21*	1,07±0,07	1,27±0,12	0,00±0,00

Продовження табл. В.7

МС 1%	3,67±0,16*	2,73±0,12	2,53±0,20	1,80±0,11	0,47±0,14	0,20±0,11	2,00±0,17*	1,00±0,00	1,00±0,17	0,20±0,11
МС 5%	3,27±0,12	2,20±0,11	2,20±0,18	1,93±0,19	0,53±0,14	0,00±0,00	1,60±0,14	1,33±0,13	0,80±0,11	0,27±0,12*
ДЕ 10 ⁻² %	3,60±0,14*	2,87±0,09*	2,53±0,14	2,47±0,14*	0,67±0,13	0,00±0,00	1,80±0,21	1,27±0,12	1,13±0,09	0,20±0,11
ДЕ 10 ⁻³ %	3,47±0,14*	2,47±0,14	3,00±0,20	2,80±0,21*	1,13±0,09*	0,00±0,00	1,67±0,13	1,20±0,11	1,00±0,20	0,40±0,14*
ОБ	3,47±0,14*	2,67±0,22	2,60±0,14	2,67±0,13*	0,80±0,11	0,00±0,00	1,47±0,14	1,73±0,12*	1,00±0,00	0,60±0,14*

Примітка: * – різниця статистично достовірна порівняно з контролем для $P < 0,05$; КЛ – кукурудзяне лушпиння, ПВ – пшеничні висівки, СЖ – солод житній, СБ – соєве борошно, КД – кора дуба, ТД – тирса деревна, МС – молочна сироватка, ДЕ – дріжджовий екстракт, ОБ – «Органічна біодобавка для грибів»

Таблиця В.8. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні за різних температур

Варіант субстрату	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
10-12 °C	2,27±0,12	1,13±0,09	2,20±0,11	1,00±0,17	0,20±0,11	0,00±0,00	1,27±0,12	0,87±0,09	0,40±0,13	0,27±0,12
13-14 °C	2,93±0,18	1,53±0,17	2,73±0,18	1,73±0,18	1,27±0,12	0,00±0,00	1,73±0,12	1,20±0,11	0,20±0,11	0,73±0,18
15-16 °C	3,27±0,12	1,93±0,21	2,87±0,17	1,80±0,11	0,47±0,13	0,13±0,09	1,60±0,19	1,40±0,13	0,67±0,13	0,00±0,00
17-18 °C	3,07±0,19	1,77±0,19	2,67±0,16	1,70±0,12	0,57±0,13	0,00±0,00	1,33±0,19	1,60±0,17	0,80±0,11	0,27±0,12
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
10-12 °C	2,47±0,13	0,60±0,13	2,73±0,23	1,93±0,15	1,27±0,21	0,00±0,00	1,07±0,07	1,27±0,15	0,13±0,09	0,67±0,19
13-14 °C	2,87±0,17	1,07±0,18	2,40±0,13	1,93±0,15	0,87±0,17	0,00±0,00	1,40±0,13	0,87±0,09	0,33±0,13	0,60±0,13
15-16 °C	2,93±0,15	2,20±0,17	2,67±0,16	1,20±0,20	0,13±0,09	0,00±0,00	1,47±0,13	0,87±0,09	0,60±0,13	0,00±0,00
17-18 °C	2,73±0,19	1,93±0,21	2,53±0,17	1,13±0,20	0,27±0,12	0,00±0,00	1,33±0,16	1,00±0,17	0,50±0,13	0,20±0,15
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535									
10-12 °C	2,53±0,13	0,80±0,11	3,00±0,17	1,20±0,11	0,40±0,21	0,00±0,00	1,00±0,17	1,27±0,12	0,33±0,13	0,47±0,17
13-14 °C	3,13±0,09	1,40±0,13	2,73±0,12	1,33±0,13	0,13±0,09	0,00±0,00	1,73±0,12	1,07±0,07	0,40±0,13	0,00±0,00
15-16 °C	3,20±0,11	2,20±0,20	2,93±0,18	1,60±0,13	0,60±0,13	0,00±0,00	1,73±0,12	1,07±0,15	0,80±0,11	0,27±0,12
17-18 °C	2,93±0,24	1,90±0,23	2,87±0,17	1,37±0,16	0,53±0,14	0,17±0,10	1,33±0,16	2,00±0,23	0,60±0,14	0,53±0,17

Таблиця В.9. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю за різних температур

Варіант субстрату	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
10-12 °C	2,13±0,20	1,67±0,13	2,33±0,13	1,60±0,17	0,80±0,11	0,00±0,00	0,93±0,12	1,07±0,16	1,47±0,14	0,27±0,12
13-14 °C	2,60±0,14	2,20±0,18	2,33±0,16	2,13±0,14	0,80±0,11	0,00±0,00	1,07±0,16	1,53±0,14	1,47±0,14	0,47±0,14
15-16 °C	3,13±0,19	2,47±0,13	2,40±0,13	2,13±0,17	0,80±0,11	0,00±0,00	1,20±0,17	1,40±0,13	1,13±0,13	0,27±0,12
17-18 °C	2,80±0,15	2,33±0,13	2,53±0,14	2,27±0,12	0,73±0,12	0,00±0,00	1,13±0,17	1,47±0,14	1,33±0,13	0,33±0,13
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
10-12 °C	2,33±0,13	1,93±0,19	2,33±0,16	1,87±0,22	0,67±0,16	0,00±0,00	1,13±0,14	1,47±0,14	0,87±0,17	0,60±0,14
13-14 °C	2,47±0,14	2,33±0,19	2,60±0,14	1,53±0,17	0,40±0,14	0,00±0,00	1,27±0,12	1,67±0,13	0,87±0,17	0,40±0,14
15-16 °C	2,67±0,16	2,33±0,16	2,60±0,13	1,40±0,19	0,53±0,13	0,00±0,00	1,27±0,12	1,73±0,12	0,80±0,20	0,53±0,13
17-18 °C	2,53±0,17	2,73±0,16	2,47±0,14	1,33±0,16	0,47±0,14	0,00±0,00	1,20±0,11	1,60±0,14	0,67±0,19	0,47±0,14
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535									
10-12 °C	2,33±0,13	1,93±0,19	2,73±0,12	1,53±0,14	0,67±0,16	0,00±0,00	1,27±0,16	1,20±0,18	0,93±0,16	0,20±0,11
13-14 °C	2,87±0,14	2,07±0,19	2,53±0,14	1,73±0,16	0,60±0,17	0,00±0,00	1,40±0,14	1,20±0,11	1,07±0,19	0,00±0,00
15-16 °C	3,13±0,17	2,47±0,17	2,60±0,13	1,87±0,17	0,67±0,19	0,00±0,00	1,40±0,13	1,27±0,12	1,00±0,17	0,00±0,00
17-18 °C	2,73±0,16	2,53±0,14	2,67±0,13	1,80±0,18	0,73±0,19	0,00±0,00	1,33±0,13	1,20±0,11	0,80±0,18	0,00±0,00

Таблиця В.10. Інтенсивність прояву атрибутів запаху штамів *Pl. ostreatus* різних хвиль плодоношення

Варіант субстрату	Інтенсивність атрибутів аромату, бали									
	Грибний	Солодкий	Деревний	Трав'янистий	Кислий	Рибний	М'ясний	Земляний	Квітковий	Гнильний
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-549									
I хвиля	3,27±0,12	1,73±0,23	2,47±0,13	1,73±0,12	0,73±0,12	0,00±0,00	1,20±0,11	1,27±0,12	1,00±0,20	0,40±0,13
II хвиля	2,93±0,18	1,67±0,21	1,87±0,13	1,60±0,13	0,73±0,12	0,00±0,00	1,07±0,12	1,13±0,09	0,73±0,23	0,53±0,13
III хвиля	2,53±0,13	1,27±0,23	1,87±0,13	1,27±0,12	1,13±0,09	0,00±0,00	0,87±0,19	1,00±0,00	0,33±0,13	0,80±0,11
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-551									
I хвиля	2,40±0,13	1,07±0,18	2,53±0,13	1,67±0,19	0,47±0,13	0,00±0,00	1,27±0,12	1,73±0,12	0,27±0,12	0,93±0,18
II хвиля	2,07±0,12	1,00±0,00	2,27±0,23	1,40±0,19	0,73±0,12	0,00±0,00	1,20±0,11	1,13±0,09	0,27±0,12	1,27±0,12
III хвиля	1,73±0,12	0,93±0,18	2,00±0,00	1,47±0,13	1,20±0,11	0,00±0,00	1,00±0,00	1,07±0,07	0,00±0,00	1,47±0,13
	<i>Pl. ostreatus</i>, штам IBK-1535									
I хвиля	3,27±0,12	1,27±0,12	2,73±0,12	1,27±0,12	0,00±0,00	0,00±0,00	1,80±0,14	1,73±0,12	0,53±0,13	0,27±0,12
II хвиля	3,00±0,00	1,13±0,17	2,53±0,13	1,07±0,12	0,27±0,12	0,00±0,00	1,60±0,13	1,00±0,00	0,40±0,13	0,47±0,13
III хвиля	2,73±0,12	0,93±0,12	3,20±0,11	0,87±0,13	0,53±0,13	0,00±0,00	1,33±0,13	1,47±0,13	0,00±0,00	0,67±0,16

ДОДАТОК Д

Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*

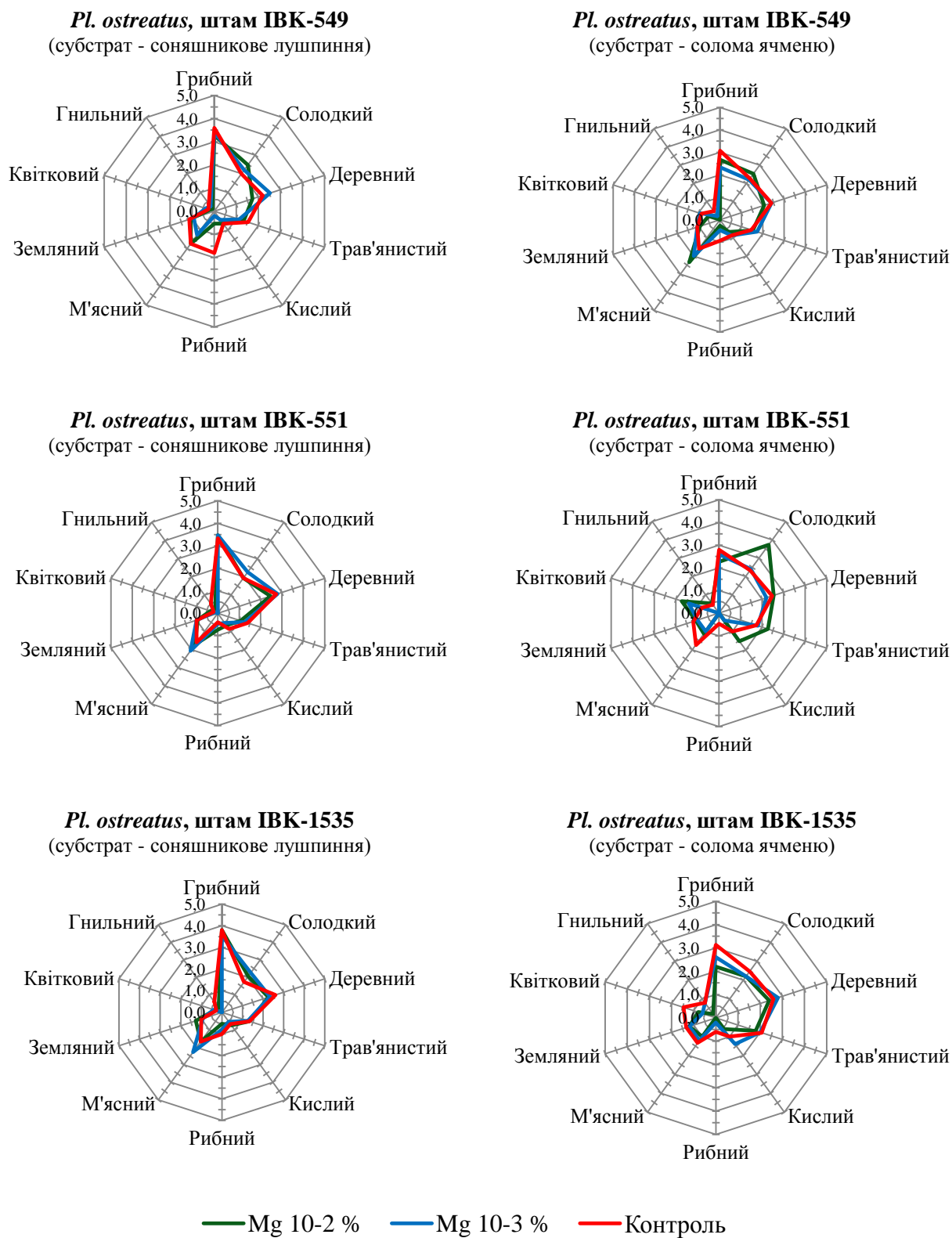
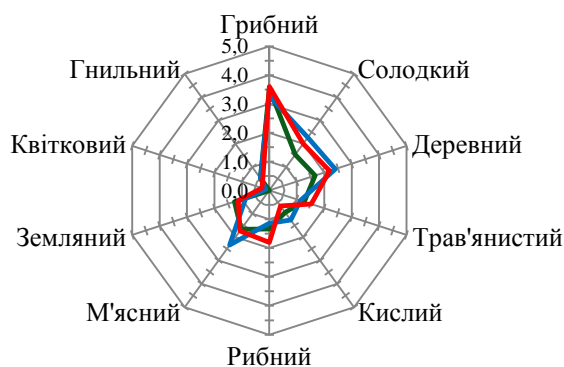


Рис. Д.1. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками магнію

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лущиння)



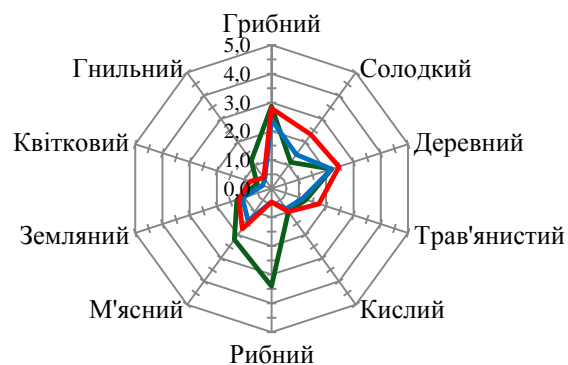
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



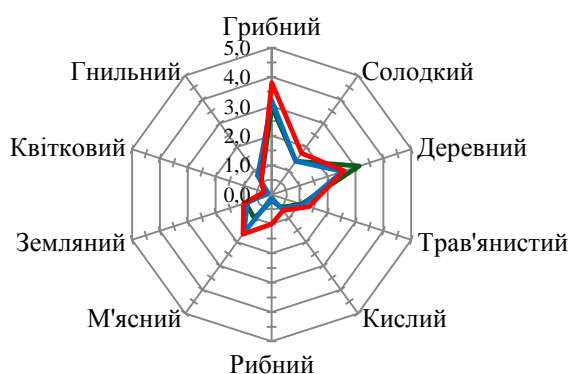
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— Mn 10-3 % — Mn 10-4 % — Контроль

Рис. Д.2. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками мангану

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



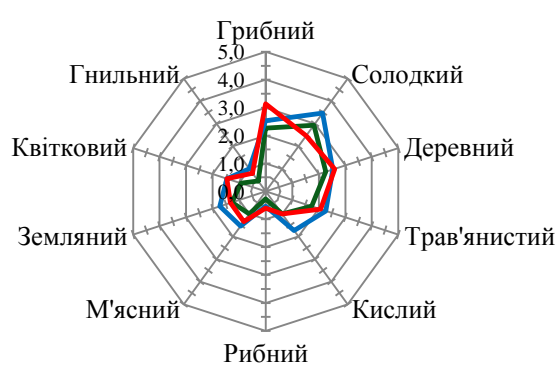
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— Zn 10-4 % — Zn 10-5 % — Контроль

Рис. Д.3. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками цинку

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— Cu 10-4 % — Cu 10-5 % — Контроль

Рис. Д.4. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з добавками купруму

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



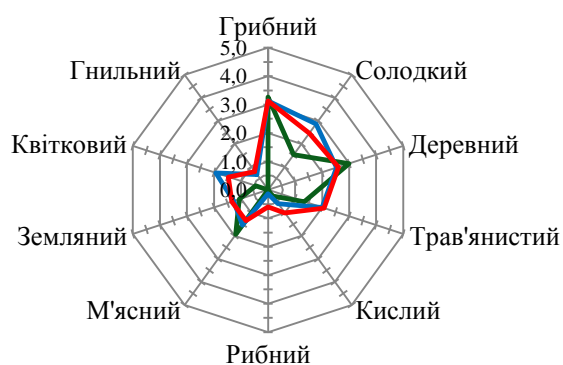
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лущпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— КМД 10-2 % — КМД 10-3 % — Контроль

Рис. Д.5. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з комплексною мінеральною добавкою (КМД)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лущиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



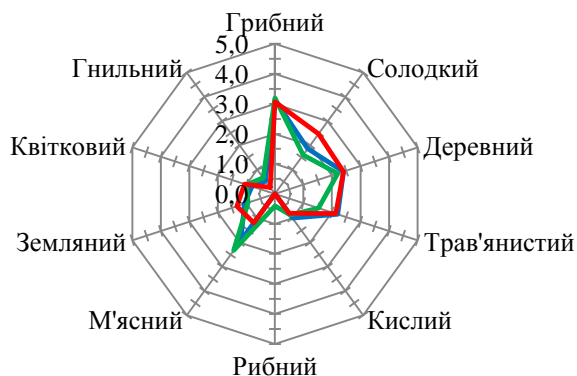
— A 10-2 % — A 10-3 % — Контроль

Рис. Д.6. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з органо-мінеральною добавкою «Аватар-1» (А)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



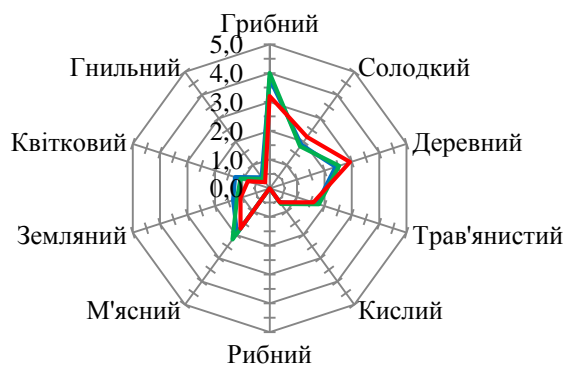
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



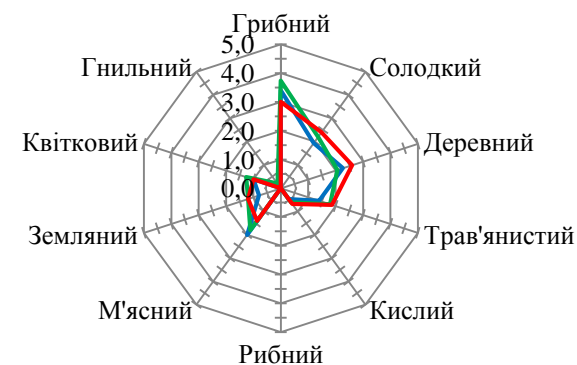
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— КЛ 1 % — КЛ 5 % — Контроль

Рис. Д.7. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням кукурудзяних лусочок (КЛ)

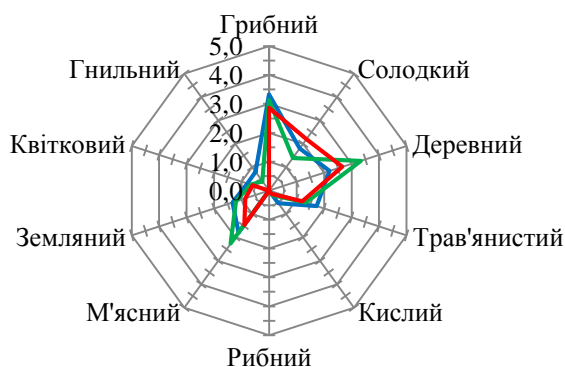
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



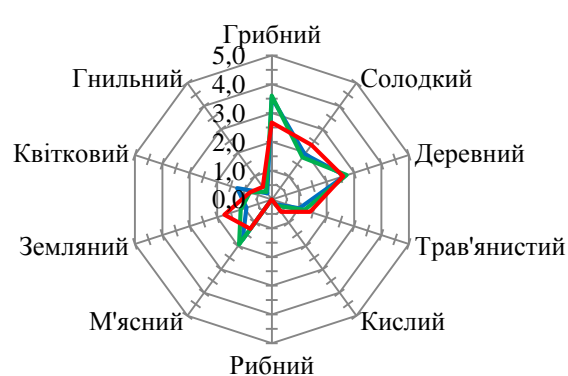
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



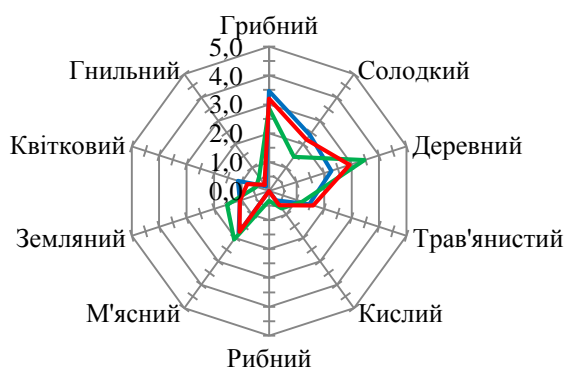
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



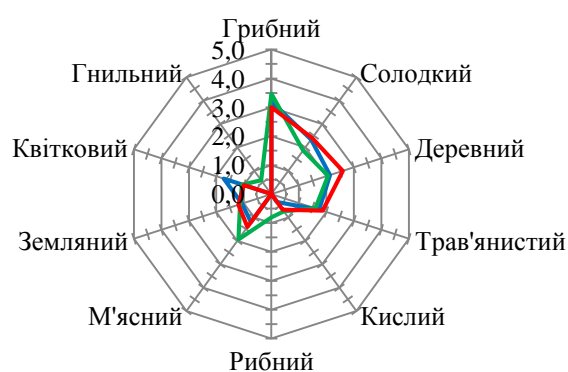
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— ПВ 1 % — ПВ 5 % — Контроль

Рис. Д.8. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням пшеничних висівок (ПВ)

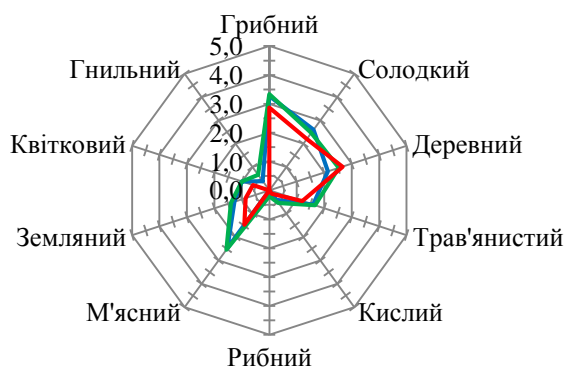
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



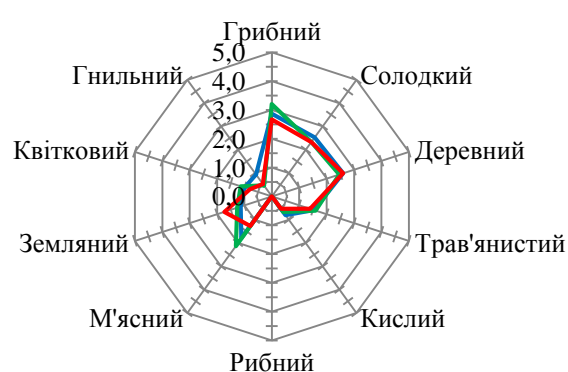
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— КД 1 % — КД 5 % — Контроль

Рис. Д.9. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням кори дуба (КД)

***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



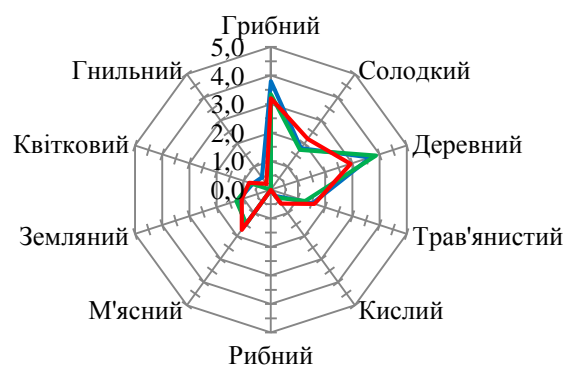
***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— ТД 1 % — ТД 5 % — Контроль

Рис. Д.10. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням тирси листяних порід дерев (ТД)

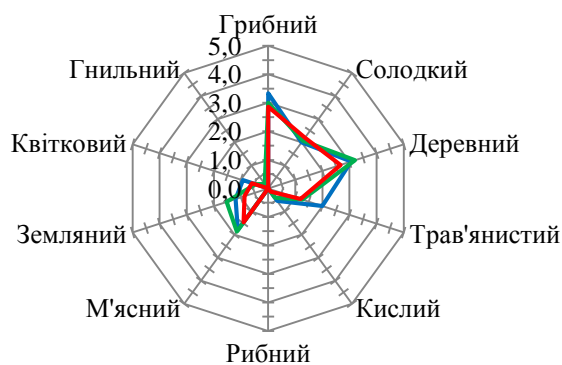
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



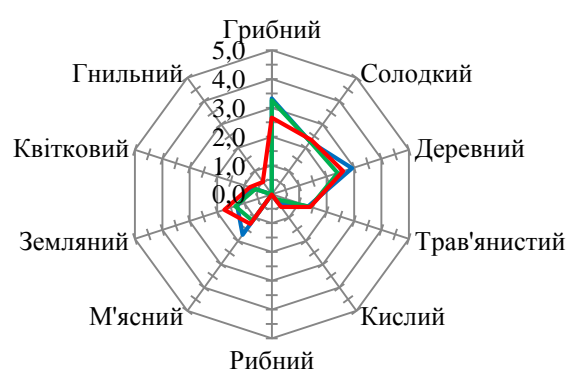
***Pl. ostreatus*, штам IBK-549**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-551**
(субстрат - солома ячменю)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - соняшникове лушпиння)



***Pl. ostreatus*, штам IBK-1535**
(субстрат - солома ячменю)



— МС 1 % — МС 5 % — Контроль

Рис. Д.11. Сенсорні профілі запаху зразків висушених грибів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на субстратах з додаванням молочної сироватки (МС)

ДОДАТОК Е

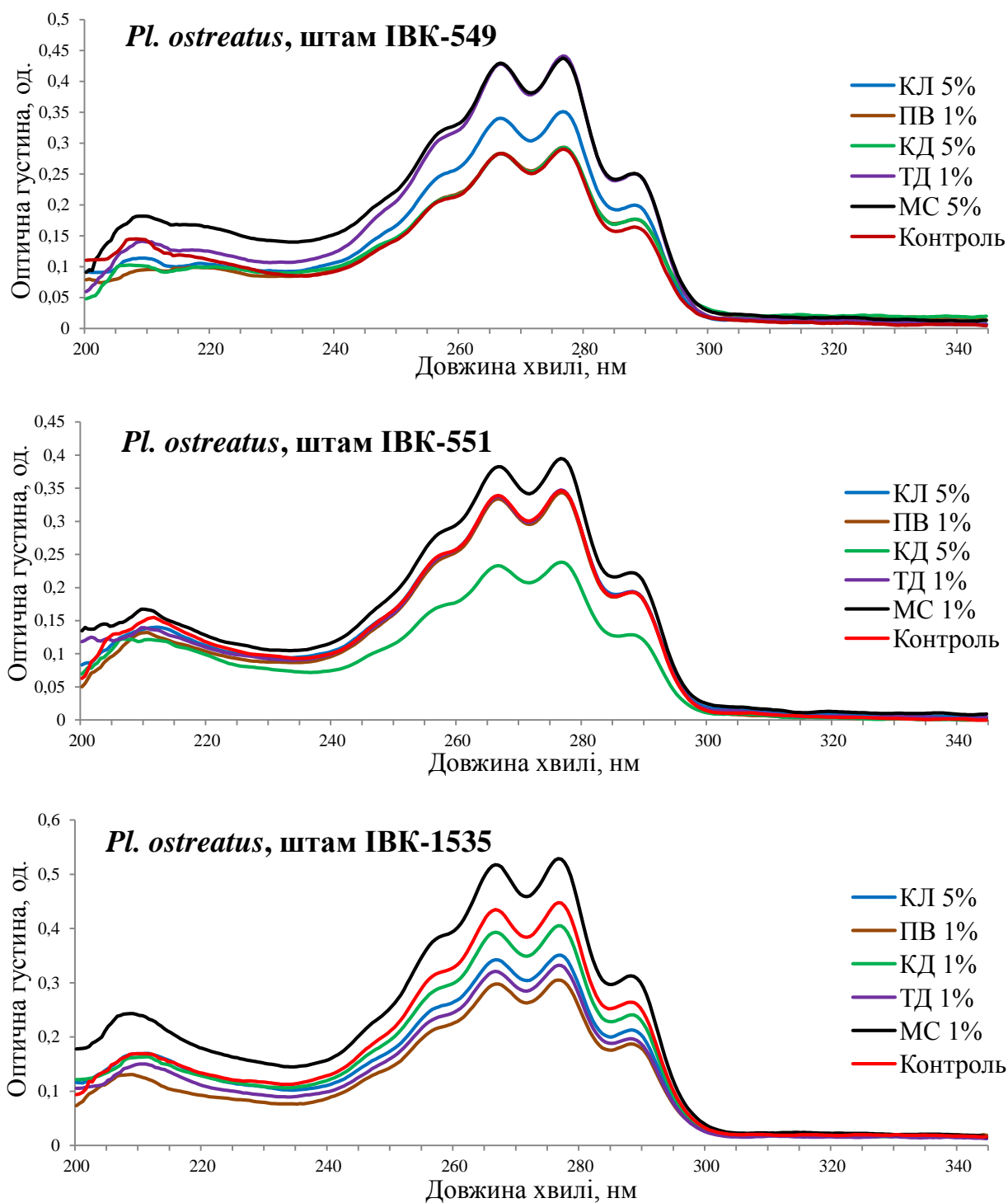
УФ-спектри гексанових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*

Рис. Е.1. УФ-спектри гексанових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соняшниковому лушпинні з додаванням комплексних добавок (КЛ – кукурудзяні лусочки, ПВ – пшеничні висівки, КД – кора дуба, ТД – тирса листяних порід дерев, МС – молочна сироватка)

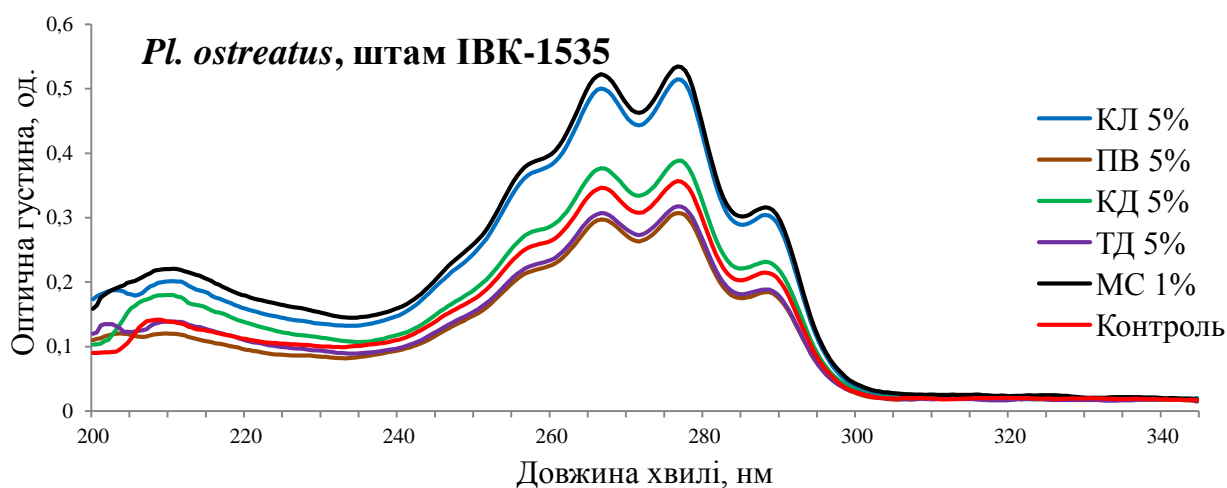
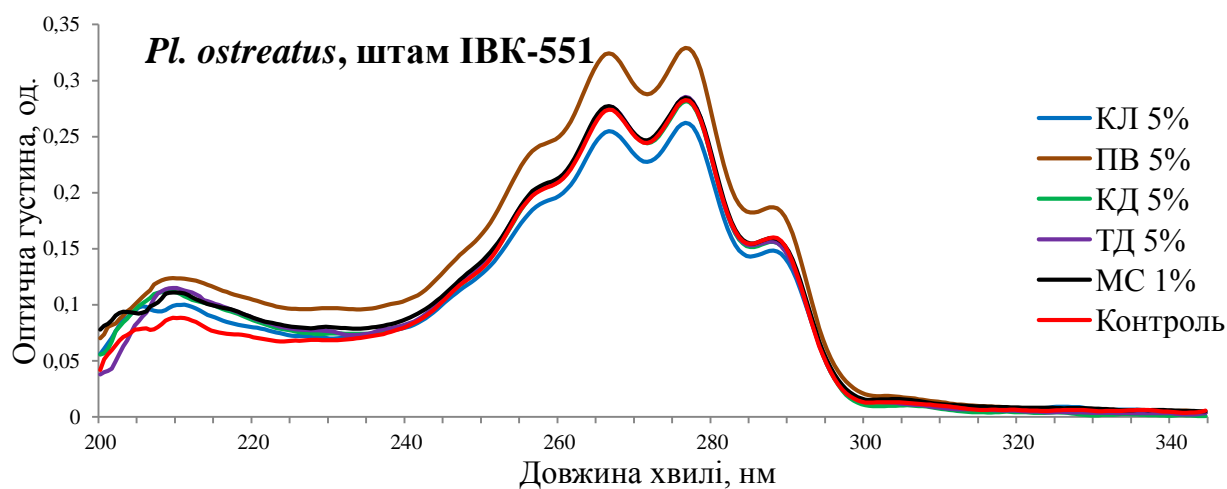
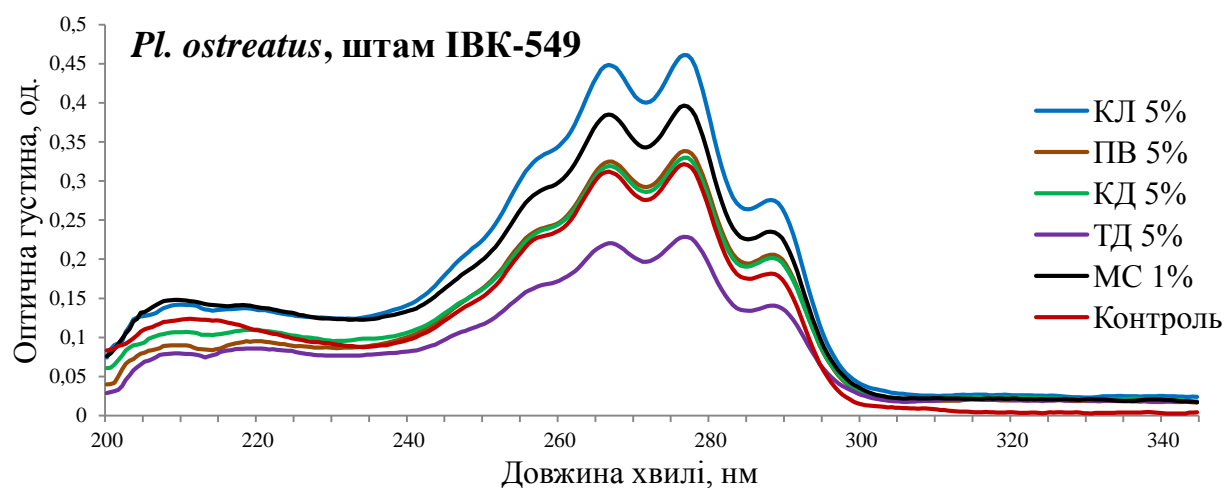


Рис. Е.2. УФ-спектри гексанових екстрактів штамів *Pl. ostreatus*, культивованих на соломі ячменю з додаванням комплексних добавок (КЛ – кукурудзяні лусочки, ПВ – пшеничні висівки, КД – кора дуба, ТД – тирса листяних порід дерев, МС – молочна сироватка)

ДОДАТОК Ж



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

просп. Гагаріна, 8, Дніпро, 49005, Україна

Телефон: (0562) 47-46-70, факс: (0562) 47-33-16, E-mail: udhtu@udhtu.edu.ua, Код ЄДРПОУ 02070758

04.10.2019 № 03-28

на № _____

Акт

впровадження матеріалів дисертаційної роботи у навчальний процес

Матеріали дисертаційної роботи «Біотехнологічні засади підвищення інтенсивності аромату грибів роду *Pleurotus* у процесі їх твердофазного культивування» аспіранта кафедри біотехнології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» Власенко Катерини Миколаївни впроваджено у навчальний процес на кафедрі біотехнології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» при підготовці студентів спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія усіх форм навчання. Матеріали дисертаційної роботи використовуються у лекційному матеріалі та на лабораторних роботах з дисциплін «Промислова мікологія» та «Методи досліджень та контролю в біотехнології» та увійшли до видань «Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Промислова мікологія" для студентів IV-V курсів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання» (Укл.: Кузнецова О. В., Власенко К. М. – Дніпро, ДВНЗ УДХТУ, 2017. 79 с.) та «Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-V курсів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» усіх форм навчання» (Укл.: Кузнецова О. В., Власенко К. М. – Дніпро: ДВНЗ «УДХТУ», 2018. 26 с.).

Аспірант кафедри біотехнології
ДВНЗ «УДХТУ»

К. М. Власенко

Завідувач кафедри біотехнології
ДВНЗ «УДХТУ»

О. В. Просяник

Ректор ДВНЗ «УДХТУ»

К. М. Сухий

ДОДАТОК К

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор
ПП «КФГ Жовтневе»
О. Ю. Василенко
2019 р.



Довідка

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Власенко Катерини Миколаївни
на тему: «Синтез ароматутворюючих речовин грибами роду *Pleurotus* у
процесі інтенсивного культивування»
на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія
у виробничий процес ПП «КФГ Жовтневе»

Цією довідкою засвідчується, що результати дисертаційного дослідження Власенко Катерини Миколаївни за темою «Синтез ароматутворюючих речовин грибами роду *Pleurotus* у процесі інтенсивного культивування» впроваджені у виробничий процес культивування гливи звичайної. Використання солоду житнього, соєвого борошна, дріжджового екстракту як добавок до субстрату сприяло підвищенню врожайності на 20-30 %, а також покращенню смако-ароматичних властивостей плодових тіл.

Загалом, дослідження Власенко К. М. отримали позитивну оцінку на підприємстві «КФГ Жовтневе», мають практичну цінність та сприятимуть розвитку грибовництва в Україні.

Апробація результатів наукової роботи Власенко К. М. дозволяє рекомендувати для використання матеріали дослідження при промисловому культивуванні грибів.

Директор ПП «КФГ Жовтневе»

Аспірант кафедри біотехнології
ДВНЗ «УДХТУ»



О. Ю. Василенко

К. М. Власенко

ДОДАТОК Л

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ТОВ «НВП Анріс»

О. О. Васецький

«___»

2019 р.



Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Власенко Катерини Миколаївни

на тему: «Синтез ароматутворюючих речовин грибами роду *Pleurotus* у процесі інтенсивного культивування»

Цією довідкою засвідчується, що результати дисертаційного дослідження Власенко Катерини Миколаївни за темою «Синтез ароматутворюючих речовин грибами роду *Pleurotus* у процесі інтенсивного культивування» впроваджені у виробничий процес підприємства ТОВ «НВП Анріс». А саме застосовано мінеральні та комплексні добавки (комплексне органо-мінеральне добриво «Аватар-1», солі селену, магнію, кальцію, купруму та феруму, кукурудзяні лусочки та органічну біодобавку для грибів) у процес твердофазного культивування *P. ostreatus*, штами K12 та K17 на соняшниковому лушпинні. Використання зазначених мінеральних добавок сприяло скороченню термінів плодоношення на 2-3 доби, підвищенню продуктивності на 15-23 %, а також покращенню смако-ароматичних властивостей плодових тіл.

Апробація результатів наукової роботи Власенко К. М. дозволяє рекомендувати для використання матеріали дослідження при промисловому культивуванні грибів.

Директор ТОВ «НВП Анріс»



О. О. Васецький

Аспірант кафедри біотехнології
ДВНЗ «УДХТУ»

К. М. Власенко